
LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD
F31 .V88 1854 1 STOR
Physiologische Briefe fur Gebildete all
24503288416

Physiologische Briefe

für

Gebildete aller Stände

von

Carl Vogt.

Zweite vermehrte und verbesserte Auflage.

Gießen, 1854.
J. Ricker'sche Buchhandlung.

Einleitung zur ersten Auflage.

Ein eigener Geist weht durch die Naturforschung unserer Tage. Wer so das Leben und Treiben innerhalb des großen Bienenhauses in der Nähe ansieht, der erstaunt ob des geschäftigen Brummens, des rastlosen Eifers der Arbeitenden, wie sie Honig und Wachs von allen Seiten herzutragen, einander drängen und stoßen, oft sogar sich gegenseitig ereifern und den Platz streitig machen. Dort erobert sich Einer eine Zelle, die er allein ausbauen will; hier führen ein paar Andere gemeinschaftlich ein Stück Wabe aus; diese schwitzen als Handlanger, jene ordnen als Baumeister, und nirgends scheint noch für kommende Kräfte Raum. Und die Hälfte dieser Zellen sind schadhaft, die einen unausgebaut, die anderen verlassen, jene wieder übermäßig ausgedehnt und der Beschauer mit Loupe und Vergrößerungsglas verliert sich unter den Einzelheiten all; er weiß nicht, wohin das Gewirre und Getreibe führen soll und geht kopfschüttelnd von dannen. In einiger Entfernung aber dreht er noch einmal sich um und nun gewahrt er die künstliche Anordnung der Waben, die sinnige Benutzung des angewiesenen Platzes, die regelrechte Verfolgung eines gewissen, vorgesteckten Planes. In ähnlicher Weise treiben die Naturwissenschaften vorwärts. Anhäufung unendlichen Materials von allen Seiten her und Anerkennung

dieses Strebens nach Mehrung unserer positiven Kenntnisse bilden den wesentlichen Theil der Förderungen, welche sie erhalten; aber gewisse Zielpunkte geben sich überall kund, nach welchen man strebt, um welche man, als Centren, die Massen zu gruppiren sucht. Gerade das Aufstecken solcher Zielpunkte, das Ordnen der neu zu beginnenden Untersuchung ist es, welches das naturwissenschaftliche Streben unserer Zeit auszeichnet, und es kann nur der Ausdruck einer allgemein verbreiteten Ueberzeugung sein, wenn ein berühmter Chemiker sagt: „Jede naturwissenschaftliche Arbeit, welche einigermaßen den Stempel der Vollendung an sich trägt, läßt sich im Resultate in wenig Worten wiedergeben. Allein diese wenigen Worte sind unvergängliche Thatsachen, zu deren Auffindung zahllose Versuche und Fragen erforderlich waren; die Arbeiten selbst, die mühsamen Versuche und verwickelten Apparate fallen der Vergessenheit anheim, sobald nur die Wahrheit ermittelt ist; es sind die Leitern, die Schachte und Werkzeuge, welche nicht entbehrt werden konnten, um zu dem reichen Erzgange zu gelangen; es sind die Stollen und Luftzüge, welche die Gruben von Wassern und bösen Wettern frei halten. Eine jede, auch die kleinste Arbeit, wenn sie auf Beachtung Ansprüche macht, muß heut zu Tage diesen Charakter an sich tragen; aus einer gewissen Anzahl von Beobachtungen muß ein Schluß, gleichgültig, ob er viel oder wenig umfasse, gezogen werden können."

Sind wir in der Physiologie so weit gekommen, daß wir diese Worte auch auf uns anwenden können? Haben wir die Gesetze des Lebens so weit erforscht, daß wir sagen können, wir besitzen sichere Resultate? Die Antwort auf eine solche Frage ist schwer. Bejahung könnte für Uebermuth, Verneinung für Mißachtung des Geschehenen gehalten werden.

Die Aufgabe der Physiologie ist verwickelter, als die irgend einer anderen Wissenschaft. Ist ja doch der Organismus an sich, sei er nun pflanzlich oder thierisch, und vor Allem der letztere, das Meisterstück des schöpferischen Gedankens, und seine Existenz, sein Leben nur durch das Zusammenwirken der mannichfachsten

Kräfte möglich. Die kunstreiche Anordnung des menschlichen Körpers im Aeußern wie im Innern, die Menge der verschiedenen Organe, welche wir an ihm sehen, das harmonische Ineinandergreifen seiner Muskeln, Gefäße und Nerven erscheinen noch als rohe Verhältnisse, wenn man mit dem Mikroskope in die Geheimnisse der Struktur unserer Körpertheile eindringt, wenn man die tausend und aber tausend Fäden untersucht, aus denen ein einziger Muskel, eine dünne Sehne gewebt ist, wenn die Millionen Kügelchen und Zellen der Oberhäute und Flüssigkeiten vor das erstaunte Auge treten, und in allen diesen kleinsten Theilen, deren Einzelnheiten oft selbst unsern vervollkommneten Instrumenten entgehen, eine Gesetzmäßigkeit des Baues, eine innere Zweckmäßigkeit erkannt wird, die bei dem Untersucher, der ihr gegenüber tritt, nur das Gefühl seiner Ohnmacht zurücklassen kann. Es ist wohl schon manchem begegnet, daß er kleinmüthig Messer und Loupe auf die Seite gelegt und seufzte: All unser Streben ist eitel und unser Wissen Stückwerk!

Indeß wenn auch Einzelne unter den Schwierigkeiten gebeugt werden, so sind diese doch für die Forscher im Ganzen mehr Reize zu größeren Anstrengungen. Nach allen Seiten hin sieht man sich um Hülfe in andern Wissenschaften um, und diese sind dann auch nicht karg, sie überall zu gewähren, wo sie vernünftiger Weise gefordert werden kann. Es hat der Physiologie unendlich viel Schaden gebracht, daß sie sich abschließen wollte, daß sie behauptete, das Leben kenne die Gesetze der anorganischen Natur nicht; es könne nur aus sich selbst und durch sich selbst begriffen werden. Mit solchen Ansichten war ferneren Fortschritten die Bahn abgeschnitten, denn wo man auf eine unerklärliche Thatsache, eine räthselhafte Erscheinung stieß, da war gleich die Eigenthümlichkeit der Lebenskraft, das unerforschliche Walten des organischen Lebens da, um die Wißbegierde aufzuhalten und ihr zu sagen: begnüge dich damit, daß das organische Leben nur seine eigenen Gesetze kennt. Erst seitdem man diese Richtung verlassen und angefangen hat, überall zuerst die Erscheinungen aus den analogen der anorganischen Natur zu erklären, und die

Gesetze, welche in dieser letzteren gelten, auch in den Erscheinungen des organischen Lebens aufzusuchen sich bestrebt, erst seit dieser Zeit hat die Physiologie wahrhafte Fortschritte in der Richtung gemacht, die wir oben bezeichneten. Und weit davon entfernt, in einen todten Mechanismus zu verfallen, wie man der neueren physiologischen Richtung so oft vorwarf, ist sie es gerade, welche uns zu der tiefsten Ehrerbietung vor den im organischen Reiche herrschenden schöpferischen Gedanken zwingt. Wahrlich, wenn man dem Spiele der auf so einfache Art angewendeten Kräfte seine Aufmerksamkeit widmet, wenn man sieht, wie die Gesetze, welche die Bewegung des Weltalls und seiner Gestirne regieren, auch bei unseren Bewegungen ihre Anwendung finden, wie alle Ressourcen, die nur erdacht werden können, mit unendlicher Weisheit an der Maschine des Organismus angebracht sind, dann wird man zur Verehrung des Planes hingerissen, der so folgerecht aus den einfachsten Ursachen die herrlichsten Wirkungen zu entwickeln vermag.

Diesen einfachen Kräften und ihrem Spielraume in dem Organismus nachzuspüren ist die Aufgabe der Physiologie, der Lehre vom Leben. Zu ihrer Erforschung wendet sie theils die Beobachtung, theils den Versuch an und jeder Fortschritt in den hülfreichen Doctrinen kann nicht ohne Rückwirkung auf die physiologische Wissenschaft bleiben. Der Physik entlehnt sie die Erklärung der Bewegungen, der Sinneseindrücke. Bei ihr findet sie die Gesetze des Pendels, nach welchen unsere in Bewegung gesetzten Glieder schwingen; bei ihr die Statik des Hebels, auf welcher die Erklärung der Bewegung unserer Knochen beruhen. Bei der Physik holen wir uns Rath über die mechanische Seite des Kreislaufes, über die Thätigkeit des Herzens, der Gefäße; von dort aus erhalten wir unsere Resultate über die optischen Gesetze des Auges, die akustischen Einrichtungen des Gehör- und Stimmorganes. Der Physik verdanken wir die wichtigen Thatsachen über die Anwendung des luftleeren Raumes bei der Construktion unserer Gelenke. Die Chemie öffnet noch ein weiteres Feld der Untersuchung. Verdauung und Aufsaugung, Ernährung,

Absonderung und Athmung, alle vegetativen Prozesse im Allgemeinen, welche die Erhaltung des Individuums bezwecken, alle diese Prozesse gehören dem Chemiker als gemeinschaftliches Gebiet an und können nur mit seiner Beihülfe erläutert und verstanden werden.

Den bedeutendsten Einfluß indeß hat das morphologische Studium der Organismen. Anatomie und Physiologie gehen mit einander Hand in Hand; die eine kann keinen Schritt vorwärts thun, ohne daß ihn die andere mit macht. Allein nicht blos die äußeren Verhältnisse der Lage, Gestalt und Verbindung der Theile unter einander kann dem Physiologen genügen. Der ganze Körper muß nicht nur für ihn, wie für den guten Chirurgen, durchsichtig sein, so daß er die Lage der Theile kennt, er muß den Körper auch in seinen kleinsten Theilen vergrößert vor Augen sehen, um einem jeden Blutkörperchen auf seinem Wege folgen, und einer jeden Nervenfaser in ihren Schlingenzügen nachgehen zu können. Nur wenn er auf diesem Punkte steht, nur dann kann er sich zu wirklich freier Anschauung der durch die morphologischen Verhältnisse bedingten Umstände erheben. Man hat das Mikroskop viel und oft verdächtigt; man hat auf die Streitigkeiten hingewiesen, welche bei gewissen Untersuchungen entstanden, und namentlich diejenigen, welche keinen Begriff von dem Instrumente und seiner Behandlung hatten, schrieen am ärgsten ihr Verdammungsurtheil in die Welt hinein. Und dennoch wäre ohne dies unschätzbare Instrument unsere ganze heutige Physiologie noch nicht einmal geboren, geschweige denn in fröhlichem Wachsthum. Es gibt freilich nichts Vollkommenes auf Erden; allein wenn wir falsch sehen, so liegt dies nicht an dem unschuldigen Glase, sondern an uns selbst und an unserer Interpretation des Gesehenen. Wie mancher bittere Streit ist nicht über Dinge entstanden, die nur mit den natürlichen Augen untersucht waren und wo dennoch die größten Beobachtungsfehler mit unterliefen. Sollen wir deßhalb unsere Augen als unbrauchbar ausreißen oder wegwerfen?

Nicht minderen Eifer, als das Mikroskop unter den älteren

Bekennern der Wissenschaft, haben oft die physiologischen Versuche in dem Publikum erregt und es gibt wohl wenig Universitätsstädte, wo nicht der Professor der Physiologie die Angriffe der Anti-Thierqualvereine oder ihrer stillschweigenden Verehrer auszuhalten gehabt hätte. Der physiologische Versuch ist der nothwendige Prüfstein unserer Ansichten und die Gewandtheit im Experimentiren, die ein wesentliches Bedingniß für das Gelingen des Versuches ist, wird nur durch häufige Uebung errungen. Die Anstellung von Versuchen und Vivisektionen ist demnach dem wissenschaftlich thätigen Physiologen eben so unbedingt nöthig, als dem Astronomen das Betrachten des Himmels. Freilich hat man dieses Bedürfniß an einigen Orten ins Luxuriöse getrieben; wohl mancher wird sich erinnern, gewissen Vorlesungen in Frankreichs Hauptstadt beigewohnt zu haben, wo nach der Stunde der Professor von Dutzenden verstümmelter Thierleiber umgeben war und wo die Stärke des Beweises nach der Zahl der Schlachtopfer, die er gekostet, abgeschätzt wurde. Wir haben uns glücklicher Weise in Deutschland von solchen Extremen fern gehalten und wir benützen als Herren der Schöpfung unser Recht oder Unrecht über die Thiere mit mehr Mäßigung. Nichts desto weniger erkennen wir, namentlich für die nur während des Lebens statthabenden Prozesse der Nervenwirkungen und des Blutlaufes den Versuch, die Sektion und die Untersuchung lebender Thiere als eine unentbehrliche klare Quelle unserer Kenntnisse an.

Zwar springt uns eine solche auch in der Pathologie, in der Betrachtung der krankhaften Zustände des menschlichen Körpers; — allein leider fließt sie meist nur trübe. Man sollte glauben, es sei nichts leichter, als das Ziehen klarer physiologischer Schlüsse aus den krankhaften Erscheinungen. Man beobachtet diese oder jene Abweichung von dem Normalzustande, man entdeckt, welches Organ des Körpers dabei angegriffen und verletzt ist; — was natürlicher als nun zu schließen, daß die abnorme Funktion auch dem abnormen Organe angehöre? Allein die Natur stellt ihre Experimente nicht rein an, sie greift mehre Organe zugleich an oder, wenn nur ein einzelnes vorzugsweise leidet, so

wird durch die Organisation des Körpers an sich schon das Ganze in Mitleidenschaft gezogen. Es gibt ein einziges Feld in der Physiologie, wo wir einzig und allein auf die aus der Pathologie zu entnehmenden Thatsachen angewiesen sind. Dies ist die Frage über den Zusammenhang der Gehirntheile mit den Geistesthätigkeiten; eine Frage, die man unheilvoller Weise durch die sogenannte Phrenologie ihrem wissenschaftlichen Standpunkte entrückt und in das Gebiet des Charlatanismus hinüber gepflanzt hat. Den Einfluß des Gehirnes und seiner einzelnen Theile auf die Funktionen des Körpers können wir auch an Thieren untersuchen; allein ein Hund, ein Kaninchen gibt uns keinen Aufschluß über die Veränderungen, welche in seinen geistigen Fähigkeiten vorgehen, nachdem man ihm diesen oder jenen Hirntheil weggenommen hat. Dies könnte einzig nur der Mensch und an dem darf nur die Natur allein experimentiren. Hirnkrankheiten, organische Fehler des Seelenorgans sind nicht selten, sie werden häufig von den Aerzten beobachtet; allein den Sitz der Desorganisation kann man nur an den krankhaften Erscheinungen erkennen, welche sich im Körper zeigen, an den Lähmungen der einzelnen Körpertheile, niemals an den vorkommenden Störungen der Geistesfunktionen. Wir wissen durchaus nichts Positives, absolut Nichts über die Beziehung der einzelnen Gehirntheile zu den Geistesthätigkeiten; in dem einzigen Punkte, wo die Pathologie auf sich selbst angewiesen war, hat sie nichts geleistet. Darf man sich wundern, wenn der Physiologe nur mit Mißtrauen sich ihrer bedient?

Auf solchen Stützen nun, theils wankenden, theils sicheren, ruht das Gebäude der Physiologie. Wir haben uns hier die Aufgabe gestellt es zu durchwandern. Allein schon der größeren Zimmer findet sich eine Legion; der kleinen dunkeln Kämmerchen nicht zu gedenken, die überall zerstreut sich anbauen. Sie alle zu besuchen ist eine Unmöglichkeit, noch weniger dürfen wir daran denken, den Schmuck der Zimmer, ihre mehr oder minder reiche Ausstattung, uns näher ins Auge zu fassen. Ein Menschenleben würde hiezu nicht hinreichen.

Ich habe versucht, in den nachfolgenden Briefen den Stand unserer Wissenschaft mit einzelnen skizzenartigen Zügen zu zeichnen. Nur die fester begründeten Resultate, nur die, so viel wir bis jetzt beurtheilen können, wahren Thatsachen durften hier eine Stätte finden und subjektive Ansichten mußten so viel möglich in den Hintergrund gestellt werden. Die Art und Weise der Auffassung freilich wird für einen Jeden eine andere sein; namentlich werden die aus den Thatsachen zu ziehenden allgemeinen Schlüsse über Leben und Lebenskraft stets, je nach der Individualität des darüber Nachdenkenden, bei aller Anerkennung des Thatsächlichen, oft sehr bedeutend abweichen. Es ist unsere Sache nicht, diesem Urtheile der Einzelnen vorzugreifen. Wir stehen vor dem Geschwornengerichte der öffentlichen Meinung, wo unsere Thatsachen mit mehr oder minderem Scharfsinne gewogen und abgeurtheilt werden. Freilich gelingt es manchmal durch glänzende Beredsamkeit oder andere bestechende Mittel, diese öffentliche Meinung zu gewinnen; allein lange Zeit hält solche Täuschung nicht an. Die Wissenschaft, sollte man sich auch hinter den Wällen einer todten Sprache verschanzen, dringt doch allmählig in die große Menge ein und man wird bei aufmerksamer Betrachtung stets finden, daß diese sich über alle größeren wissenschaftlichen Fragen ihre eigenthümliche unabhängige Ansicht bildet. Deßhalb habe ich auch nicht, wie es sonst wohl der Brauch ist, allgemeine Grundbegriffe und Ansichten über die Wissenschaft der Physiologie vorausschicken mögen. Daß die Physiologie sich mit dem Leben des Menschen und mit dessen Erscheinungen befaßt und zwar vorzüglich das leibliche Leben im Auge behält, dies lehrt schon die Bedeutung des Wortes; was das Leben sei und warum der Organismus lebe, das kann nicht von vornherein begriffen werden, sondern so wie das Leben erst das Resultat aller einzelnen Funktionen der Körpertheile ist, so muß auch seine Kenntniß erst aus derjenigen aller einzelnen Verrichtungen hervorgehen.

Um die Darstellung, welche für ein größeres Publikum berechnet sein sollte, so sehr als möglich im objektiven Felde

zu halten, habe ich vermieden, Namen als Gewährsmänner der Thatsachen oder Ansichten anzuführen. Die Autoritäten haben nicht mehr das Gewicht wie früher; eine Thatsache gilt heut zu Tage nicht deßhalb, weil sie von diesem oder jenem Forscher ist aufgefunden worden, sondern darum weil sie wahr ist. Was auch hätte es geholfen, wenn ich hinter jedem Satze fast eine Reihe von Namen aufgeführt? Von Bär, Ch. Bell, Burdach, Edwards, Henle, Kürschner, Liebig, J. Müller, Magendie, Purkinjé, Tiedemann, Valentin, R. Wagner — alle diese Namen klingen überall in der Wissenschaft mit, wo man auch anklopfen möge; es sind die treuen Bergleute, welche mit Mühe und Schweiß, ja mit Hintansetzung ihrer Gesundheit das reine Gold aus den Schachten der Bergwerke hervorgeholt haben. Sollen wir die große Menge darum schelten, daß sie meist erst bei der Todesnachricht sich an ihre Koryphäen der Wissenschaft erinnert, und daß sie sie unter dem Drange der Zeitumstände schneller vergißt, als diejenigen, welche unmittelbareren Einfluß auf die Weltbegebenheiten hatten? Es mag genügen, die Namen einmal genannt zu haben; — stehen sie doch in dem goldenen Buche der Wissenschaft mit unauslöschlichen Zügen.

C. V.

Zur zweiten Auflage.

Zehn Jahre sind verflossen, seit ich die Worte schrieb, welche populären Briefen über die Physiologie zur Einleitung dienen sollten, über deren Veröffentlichung die Redaktion der allgemeinen Zeitung mit mir übereingekommen war. Die Arbeit wurde zu umfangreich und die Verlagshandlung beschloß sie als eigenes Werk herauszugeben, das, wenn ich mich nicht sehr täusche, mit vielem Beifalle aufgenommen wurde. Denn schon im Jahre 1847 wurde ich zur Vorbereitung einer neuen Auflage aufgefordert, deren Erscheinen indeß sich bis jetzt durch äußere Umstände verzögerte. Die Wissenschaft hat seit dieser Zeit nach allen Richtungen hin anerkennenswerthe Fortschritte gemacht. Dieselbe Thätigkeit, deren ich oben erwähnte, setzt sich vielleicht mit noch größerer Intensität fort, da die Fragen, je weiter man ins Einzelne dringt, um so schwieriger, die Beantwortung um so verwickelter wird. Von den Trägern der Wissenschaft, die ich damals nannte, wirken noch Einige in ungeschwächter Kraft fort, Andere sind gestorben, noch Andere verdorben. Ob in Folge der allgemeinen Erscheinung der rückschreitenden Metamorphose im höheren Alter, oder durch Einwirkung geistiger Fäulniß-Erreger von außen, will ich nicht weiter untersuchen. Eine Menge neuer Kräfte sind aufgetaucht, und namentlich hat die physikalische Schule auf den beschwerlichsten Wegen oft bedeutende Strecken zurückgelegt. Jeder Schritt vorwärts, der dort mit dem Mikroskope, hier mit der Wage oder der Magnetnadel

in der Hand gethan wird, erhellt ein Stück des Dunkels, welches sich vor die geheimnißvollen Kräfte lagert, die man wie der Fürchtende die Gespenster deßhalb annimmt, weil man sie nicht sieht und nicht sehen kann.

Das Verdienst dieses Werkchens, wenn es überhaupt welches hat, kann weder in der genauen Aufzählung sämmtlicher Thatsachen, noch in der gleichmäßigen Durchdringung des Stoffes liegen. Wenn ich auch gesucht habe, so viel möglich ein Bild des Lebensprozesses im Ganzen zu geben, so mußte dieser Versuch doch deßhalb unvollkommen bleiben, weil die Voraussetzungen, die ich mir von meinem Publikum machte, dadurch weit überschritten wurden. In der ursprünglichen Naivität, in welcher ich zuerst diese Briefe schrieb, hatte ich kaum eine Ahnung davon, in welche Kreise sie eindringen würden. Ich wurde, oft zu meinem nicht geringen Erstaunen, hie und da durch Fragen belehrt, daß Mancher sich zu ihrem Verständniß abgemüht hatte, auf dessen geringere Vorkenntnisse ich wenig Rücksicht genommen. Unterdessen hat sich die Grundlage, auf welcher diese Briefe wurzeln, in größere Breite und Tiefe ausgedehnt. Die Naturwissenschaften haben in allen Zweigen Bearbeiter gefunden, welche die Wahrheiten in einfacher Sprache so darzustellen suchten, daß sie auch ohne höhere Vorbildung begriffen und anerkannt werden konnten. Man ist auf diese Weise an die Behandlung solcher wissenschaftlicher Gegenstände gewöhnt worden. Man hat sich nach und nach die Schlußfolgerungen angeeignet, welche aus den Thatsachen mit innerlicher Nothwendigkeit abgeleitet werden müssen. Man erschrickt nicht mehr, wenn diese Schlußfolgerungen zu einer Erkenntniß führen, die mit der jetzigen Welteinrichtung in schneidendem Gegensatze steht.

Die Grundsätze, welche auf der genauen Erforschung der Thatsachen und der daraus abgeleiteten Naturgesetze beruhen, haben seit dem Erscheinen der ersten Auflage keine Aenderung erlitten. Sie sind nur durch die Fülle neuen Stoffes, welcher von allen Seiten herangebracht wurde, neu gekräftigt und stärker gestützt worden. Derjenige, der sich die Mühe nehmen will,

früher und jetzt Gegebenes zu vergleichen, wird trotz gegnerischer Behauptung finden, daß Nichts in dieser Hinsicht geändert wurde; daß vielmehr das Ziel, welches schon damals gesteckt war, unverrückt dasselbe geblieben ist. Neue Streiter haben sich seither um dasselbe Banner geschaart, Manche vielleicht geweckt durch die Anregung, welche sie in diesen Briefen fanden. Wer weiter sich belehren, den Kreis der Thatsachen, auf die er fußen soll, erweitern, und sich so immer mehr in seinen Ansichten befestigen will, dem kann ich aus vollster Ueberzeugung die Werke von Moleschott in Heidelberg empfehlen. Der Leser des „Stoffwechsels“, des „Kreislaufes des Lebens“, der „Nahrungsmittel für das Volk“ wird reiche Fülle der Thatsachen, anziehende Behandlung des Gegenstandes und strenge Folgerichtigkeit der gewonnenen Schlüsse sicherlich nicht vermissen.

So mögen denn auch diese Bogen hinauswandern und manchem Vortrefflichen nachstreben, das ihnen vorausgeeilt. Jeder trägt in seiner Weise bei zu dem Gemenge, welches, geläutert in dem Schmelztiegel des Volksbewußtseins, später als flüssiges Metall an das Licht tritt — glücklich, dessen Beitrag nicht ganz als schaumige Schlacke zurück bleibt, sondern sich sagen kann: Auch du hast deinen Antheil an ächtem Schrote und Korne.

Genf, den 1. Dezember 1853.

C. Vogt.

Erste Abtheilung.

Das vegetative Leben.

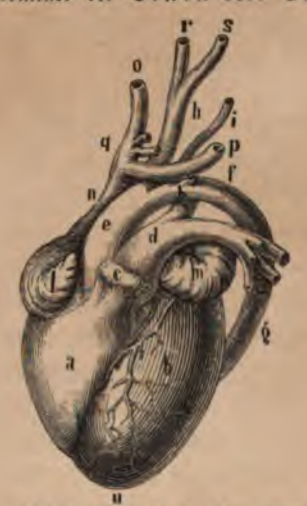
Erster Brief.

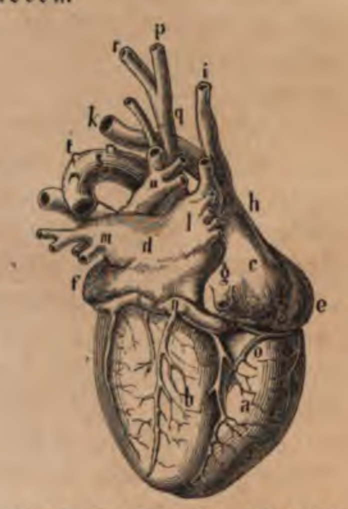
Der Kreislauf des Bluts.

Das Blut ist der Träger alles individuellen Lebens. Ohne seine Vermittlung gibt es keine Neubildung, keine Metamorphose des Bestehenden, keine regelrechte Zurückbildung des Ueberflüssigen. Gleich dem Prinzipe des Lebens selbst ist das Blut in ewigem Umschwunge, in rastloser Bewegung begriffen; — bis in die entferntesten Theile des Körpers reckt sich sein Strom, überall sind ihm Bahnen aufgeschlossen, welche es nach bestimmten Gesetzen durchläuft, nach allen Seiten hin findet es Kanäle, durch welche es seine belebende Kraft den umliegenden Organtheilen mittheilt und seine Bestandtheile mit den ihrigen austauscht. Der Begriff des Kreislaufes, seine thatsächliche Existenz sind allmählig in das Volksbewußtsein übergegangen; — man spricht davon, wie wenn daran nicht gezweifelt werden könne; es ist eine jener wenigen Wahrheiten, die sich gleichsam durchgefiltert haben aus den wissenschaftlichen Behältern und deren Bestand man annimmt, ohne nach dem Beweise, ohne nach den Folgen zu fragen. Wie verhalten sich die Gefäße und Kanäle, in denen das Blut kreist? Welche Kräfte sind an ihnen thätig, und auf welche Weise wird dieser stete Umlauf bedingt? Und welche Beschaffenheit endlich zeigt das Blut selbst, welche chemische Zusammensetzung ist ihm eigenthümlich und wie läßt sich aus all diesen Verhältnissen die Rolle erklären, welche das Gefäßsystem im Organismus spielt?

Daß das Herz der Mittelpunkt des Blutkreislaufes sei, dies wissen wir Alle aus eigener Erfahrung. Von ihm aus geht ein System von Röhren nach allen Theilen des Körpers, sich immer mehr verästelnd und verzweigend, bis wir endlich mit dem bloßen Auge den letzten dünnen Reiserchen nicht mehr fol-

gen können. Von diesen cylindrischen Röhren, den Blutgefäßen, lassen sich schon äußeren Kennzeichen nach zwei Arten unterscheiden. Die einen sind fest, elastisch, bleiben gleich einer Gummiröhre rund und offen, selbst wenn sie leer sind oder durchschnitten werden; das Blut strömt in ihnen von dem Herzen weg nach den peripherischen Theilen des Körpers; — diese Röhren mit centrifugaler Richtung des Blutstromes sind die **Arterien** oder **Schlagadern**. Die anderen Gefäße sind dünnwandiger, sie fallen nach der Entleerung oder Durchschneidung zusammen; das Blut strömt in ihnen von den peripherischen Theilen aus nach dem Herzen zu — wir nennen diese centripetalleitenden Kanäle die **Venen** oder **Blutadern**.





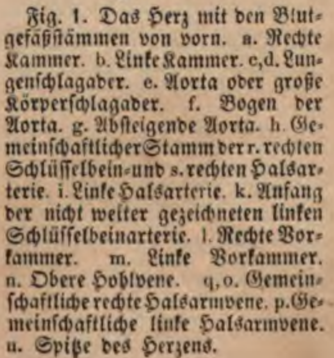

Fig. 1. Das Herz mit den Blutgefäßstämmen von vorn. a. Rechte Kammer. b. Linke Kammer. c,d. Lungenschlagader. e. Aorta oder große Körperschlagader. f. Bogen der Aorta. g. Absteigende Aorta. h. Gemeinschaftlicher Stamm der r. rechten Schlüsselbein- und s. rechten Halsarterie. i. Linke Halsarterie. k. Anfang der nicht weiter gezeichneten linken Schlüsselbeinarterie. l. Rechte Vorkammer. m. Linke Vorkammer. n. Obere Hohlvene. q,o. Gemeinschaftliche rechte Halsarmvene. p. Gemeinschaftliche linke Halsarmvene. u. Spitze des Herzens.

Fig. 2. Das Herz mit den Blutgefäßstämmen von hinten. a. Rechte Kammer. b. Linke Kammer. c. Rechte Vorkammer. d. Linke Vorkammer. e. Rechtes Herzohr. f. Linkes Herzohr. g. Untere Hohlvene. h. Obere Hohlvene. i. Gemeinschaftliche rechte Halsarmvene. k. Gemeinschaftliche linke Halsarmvene. l. Rechte Lungenvene. m. Linke Lungenvene. n. Kranzvene des Herzens. o. Kranzarterie des Herzens. q. Gemeinschaftlicher Stamm der p. rechten Schlüsselbein- und r. rechten Halsarterie (Carotis). s. Bogen der Aorta. t. Ursprung der linken Schlüsselbeinarterie. u. Lungenarterie.

Das Herz selbst ist ein hohler Muskel; ein nach unten zugespitzter Beutel mit dicken Wänden, die aus Muskelfasern gewoben sind, welche durch ihre Zusammenziehung den Beutel verengern und die darin enthaltene Flüssigkeit auspressen können. Eine innere Scheidewand theilt der Länge nach diesen Beutel in zwei Hälften, eine rechte und eine linke, und jede dieser Hälften ist wieder durch eine durchbrochene Querscheidewand in zwei Abtheilungen getheilt, welche mit einander durch die Oeffnungen der Querscheidewand in Communikation stehen. — Die Längsscheidewand zeigt keine solche Communikationsöffnung; zwischen rechter und linker Herzhälfte besteht keine Verbindung; das Blut in der einen kann sich nie mit demjenigen der andern Hälfte vermischen. Auf diese Weise ist das Herz in vier Abtheilungen zertheilt, deren jede mit Blutgefäßen in Communikation steht, die einen mit den zuführenden Venen, die anderen mit den wegführenden Arterien. Die ersteren heißen die Vorkammern oder Atrien, ihre Muskelwände sind gleich den Wänden der Venen schwächer, ihr Lumen größer als das der Kammern oder Ventrikel, welche sich durch starke Muskelschichten auszeichnen. Jede Herzhälfte hat demnach einen Vorhof und eine Kammer, welche mit einander durch weite Oeffnungen in der Querscheidewand, durch die sogenannten Atrioventrikularöffnungen in Verbindung stehen. Schon aus der Natur der einmündenden Gefäße kann man schließen, daß der Weg, welchen das Blut im Herzen nimmt, aus den Venen in die Vorkammern, von dort in die Kammern und aus diesen durch die Arterien hinausgeht. Die relative Muskelschwäche der Vorhöfe erklärt sich ebenfalls schon aus diesem Umstande; — sie haben das in ihnen angesammelte, von der Peripherie kommende Blut durch ihre Zusammenziehung nur in die Kammern zu treiben, wozu bei der Kürze des Wegs und der Weite der Communikationsöffnung gerade keine bedeutende Kraft gehört; während hingegen die Kammern einer bedeutenden Kraftentwicklung bedürfen, um ihre Blutmenge durch die engen Kanäle der Arterien

bis in die entferntesten Gebiete ihrer beiderseitigen Blutbahnen zu treiben. Die Richtung des Blutstromes im Herzen wird durch ein äußerst sinnreiches System häutiger **Klappen** bestimmt, welches namentlich in den Kammern in großer Vollkommenheit entwickelt ist. Jede Herzabtheilung hat natürlich zwei Oeffnungen, eine, wodurch sie mit den Gefäßen, eine andere, wodurch sie mit der anderen Herzabtheilung derselben Seite zusammenhängt; ohne Klappen würde bei der Zusammenziehung das Blut aus beiden Oeffnungen hinausgepreßt werden. An der Oeffnung zwischen je zwei Herzabtheilungen aber befindet sich eine solche Klappe, wie ein Segel aus mehreren Zipfeln gebildet, deren Stellung in der Art angeordnet ist, daß dem aus der Vorkammer her gepreßten Blute die Klappe sich weit öffnet, während sie im Momente sich schließt, wo die Kammer sich zusammenzieht und das Blut gegen die Klappe antreibt.



Fig. 3.

Das rechte Herz, aufgeschnitten und ausgebreitet. a. Obere Hohlvene. b. Untere Hohlvene. c. Zwischenwand zwischen ihren Mündungen d. Vorkammerwandung. e. Mündungen der kleinen Herzblutadern. f. Herzohr. g. Untere Hohlvenenmündung. h. Lower'scher Wulst. k, l, m. die drei Zipfel der Klappe. n. Warzenmuskeln. o. Scheidewand gegen die linke Kammer. p. Oeffnung der Lungenschlagader. q. Balkenmuskeln. r, t. Kammerwandung. s. Lungenschlagader.



Fig. 4.

Das linke Herz ebenso behandelt. a, b. Linke Lungenvenen. c, d. Oeffnungen der rechten Lungenvenen. e. Scheidewand gegen die rechte Vorkammer. f. Herzohr. g. Ueberrest des eirunden Loches. h, i, k. Aufgeschnittene und zurückgeschlagene Theile der Vorkammerwand. l, m, n. Zipfel der Bischofsklappe. o. p. Warzenmuskeln. q. Scheidewand gegen die rechte Kammer. r, s. Fleischbalken. t, u. Kammerwandung.

Die Segelklappe in der rechten Herzhälfte zwischen Vorkammer und Kammer heißt die dreizipfelige Klappe, die in der linken Herzhälfte gelegene die zweizipfelige oder Bischofsklappe — beide bestehen aus dünnen Sehnenhäuten, an welche sich, an der Seite nach der Kammer zu, feine, oft bogenförmig geschlungene Sehnenfasern ansetzen, die von den Kammerwänden selbst ausgehen und mit Warzenmuskeln zusammenhängen, welche in die freie Herzhöhle hineinragen. Bei der Zusammenziehung der Kammern ziehen sich auch diese Warzenmuskeln zusammen, spannen durch ihre Sehnen wie durch Zugseile die häutigen Segel und beschleunigen so den Schluß derselben. Die freien Ränder der Segel rollen sich dann auf, legen sich an einander und schließen schon bei dem geringsten Drucke von der Kammer her die Oeffnung vollkommen — während sie im Augenblicke, wo dieser Druck nachläßt, sich öffnen und die Blutwelle vom Vorhofe her einströmen lassen. — Noch einfacher sind die Klappen an den Ursprüngen der beiden Hauptarterien, der Lungenschlagader und der Aorta. Hier finden sich die sogenannten halbmondförmigen Klappen, je drei Taschen-

ventile aus dünner Sehnenhaut mit freiem geradem Rande und bogenförmig angewachsener Basis. Der Bogenrand schaut nach dem Herzen, der freie Rand nach der Peripherie hin, die Ventile liegen an der Arterienwand an, wie die Taschen eines Kutschenschlages. Der aus den Kammern hervorgetriebene Blutstrom läuft vom angewachsenen gegen den freien Rand des Ventiles hin; er drückt also dieses an die Arterienwand an und rauscht ungehindert darüber weg. Der Rückprall der Blutwelle gegen die Kammer hin fängt sich in dem freien Rande, stellt das Ventil auf und schließt es, indem die Ränder der drei Klappen genau an einander passen.

Man hat durch Versuche nachgewiesen, daß es nur eines äußerst geringen Druckes bedarf, um die erwähnten Klappen zu stellen und zwar so zu stellen, daß sie auch nicht einen Tropfen Flüssigkeit durchlassen und vollkommen hermetisch schließen. Jeder kann sich davon leicht an dem Herzen eines frisch geschlachteten Thieres überzeugen. Man braucht nur Wasser aus einem Topfe in eine der großen Schlagadern zu gießen. Die geringe Kraft des Wasserstrahles reicht hin, die halbmondförmigen Klappen so zu schließen, daß auch nicht ein Tropfen Wasser in die Kammer gelangt. Führt man durch die Arterien eine Röhre ein und gießt Wasser in die Kammer, so kann man, bei aufgeschnittenen Vorhöfen, den Schluß der Segelklappen an den Kammeröffnungen beobachten. Viele unheilbare Herzkrankheiten beruhen auf krankhafter Veränderung der Segelklappen oder der Taschenventile, wodurch das Spiel derselben gehemmt, ihr Schluß unvollkommen und der Kreislauf unregelmäßig gemacht wird. Bei Veränderung der Segelklappen stürzt ein Theil des in der Kammer befindlichen Blutes, statt durch die Schlagadern ausgetrieben zu werden, in die Vorkammer zurück; bei unzureichendem Schluß der Taschenventile fließt das in die Schlagadern getriebene Blut wieder in die Kammer zurück.

So vollkommen die genannten Klappeneinrichtungen an den Mündungen der Kammern sind, so unvollkommen sind die

Vorrichtungen an den Einmündungen der Venen in die Vorhöfe. Ringmuskeln, welche die Einmündungsstellen durch Zusammenziehung verengen, Vorsprünge und Faltensäume sind zwar hier angebracht, aber nicht in so vollständiger Weise ausgebildet, um, wie bei den Kammern, den Rückprall des Blutes bei der Zusammenziehung gänzlich zu verhindern. Die Klappenvorrichtungen an beiden Oeffnungen der Kammern genügen indessen schon, um aus dem Herzen ein hydrostatisches Druckwerk mit Ventilen zu machen, welche dem Blutstrom die gehörige Richtung anweisen. So genau sind alle Kräfte an dieser wunderbaren Maschine berechnet, so harmonisch ihr Zusammenwirken, daß die geringsten Fehler an den Klappen schon Unordnungen des Auslaufes erzeugen, indem der vollkommene Schluß nicht mehr erzielt werden kann, während bei vollkommener Bildung der Klappen bis zu dem letzten matten Herzschlage noch Kraft genug im Herzen vorhanden ist, um die Klappen gehörig zu stellen und so dem Blutstrom seine Richtung anzuweisen. Denn man bedenke wohl, daß das Herz ohne Klappen nur eine bewegende Maschine sein würde, welche das Blut aus allen seinen Oeffnungen hinaustreiben, nicht aber in einer stets bestimmten Richtung einseitig forttreiben würde und daß nur die in rein mechanischer Weise angebrachten und spielenden Klappen es sind, welche die Richtung bestimmen und somit den Kreislauf und mit ihm das Leben ermöglichen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß stets die gleichnamigen Abtheilungen beider Herzhälften sich in demselben Zeitmomente zusammenziehen, daß die beiden Vorkammern sich contrahiren, während die Kammern sich ausdehnen, und daß hernach die Zusammenziehung beider Kammern mit gleichzeitiger Ausdehnung der Vorkammern verbunden ist. Bei der Zusammenziehung oder Systole der Kammern hebt sich die Herzspitze, indem sie sich zugleich etwas um ihre Achse dreht und gegen die Brustwand anschlägt, während sie bei der Ausdehnung oder Diastole der Kammern wieder in ihre vorige Lage zurücksinkt. Diese stete Ortsveränderung des Herzens wird dadurch möglich,

daß es, ohne weitere Befestigung als die durch die eintretenden Blutgefäße bedingte, frei in einem weiten Sacke mit glatten Wänden, dem Herzbeutel, aufgehängt ist.

Jeder Herzschlag, den wir fühlen, ist demnach aus zwei Tempo's zusammengesetzt: der Erweiterung oder Diastole der Kammern, während welcher sich die Vorkammern zusammenziehen, und der Zusammenziehung oder Systole der Kammern, während welcher sich die Vorkammern ausdehnen. Bei der Kammersystole sind die Arterienklappen geöffnet und die Klappen an den Atrioventrikularöffnungen geschlossen, so daß das Blut in die Arterien eingetrieben wird, während ihm der Rückweg in die Vorhöfe verschlossen ist; zugleich sind die Vorhöfe weit ausgedehnt und das von außen her kommende Blut strömt in die Vorhöfe ein. Unsere schematische Figur 5, S. 26 ist auf diesen Augenblick der Herzthätigkeit hin gezeichnet. Bei der Vorkammersystole schließen sich die Venenöffnungen so weit als möglich, um den Rückprall des Blutes in dieser Richtung zu verhüten, während die Atrioventrikularöffnungen sich aufthun, das Blut in die Kammern einzulassen und die Arterienklappen sich schließen, und dem Rückstrom des Blutes in die Kammer, welche sich ausdehnt, Widerstand leisten.

Die Zusammenziehung der Kammern wie der Vorkammern ist mit besonderer Tonentwicklung verbunden. Man braucht das Ohr nur an die Herzgegend eines lebenden Menschen oder Thieres anzulegen, um diese Herztöne zu hören. Der erste Herzton bildet ein längeres, dumpfes, strömendes Rauschen, er fällt mit der Kammersystole zusammen; der zweite Herzton folgt unmittelbar auf den ersten und ist kurz, hell, klappend, er bezeichnet den Anfang der Zusammenziehung der Vorhöfe. Während des dumpfen Rauschens des ersten Herztones schlägt das Herz an die Brustwand an, und in normalem Zustande ist es nicht möglich, einen Zeitintervall zwischen dem Anschlagen des Herzens und dem ersten Tone zu finden. Die Entdeckung dieser Hörbarkeit der Herztöne und ihrer äußerst mannichfachen Veränderungen bei organischen Krankheiten des Herzens bezeichnet

eine neue Epoche in der Geschichte der Medizin. Das Verhältniß der Töne zu den Herzbewegungen und ihre physikalische Ursache aufzuklären, hat man die mannichfachste Mühe verwendet und es ist kein Theil des Herzens, dem man nicht einige oder alle Mithülfe an ihrer Entstehung zuwenden wollte. Die Zusammenziehung der Muskelfasern des Herzens, das Einschießen der Blutwellen in die geöffneten Herzräume, die Reibung derselben an den Herzwänden, alle diese Momente wurden, aber vergebens, zu Hülfe genommen. Jetzt scheint man sich endlich dahin verständigt zu haben, daß die Herztöne Klappentöne sind, daß sie vom Anschlagen der Blutwellen an die sich stellenden Klappen herrühren und daß ihre Verschiedenheit eben in der verschiedenen Größe und Anordnung der Klappen besteht. Der erste länger gehaltene dumpfe Ton würde die Schließung der großen, segelförmigen Klappen der Atrioventrikularöffnungen, der zweite diejenige der kleineren taschenförmigen Arterienventile bezeichnen.

Verfolgen wir nun die allgemeine Bahn des Kreislaufes, indem wir von der linken Kammer aus dem Strome des Blutes nachgehen. Durch eine mit halbmondförmigen Taschenventilen besetzte Oeffnung tritt das Blut in die große Körperschlagader, die Aorta, ein, und vertheilt sich durch alle Aeste und Zweige derselben in alle Theile des Körpers.

In unsrer schematischen Figur (Fig. 5, S. 26) haben wir diesen Körperstrom dargestellt, wie wenn er sich in zwei Ströme theilte, einen (b) für die obere, einen anderen (d) für die untere Körperhälfte — der eine versorgt Kopf, Hals und Arme, der andere den Rumpf und die unteren Extremitäten mit Blut. In der Natur ist diese Theilung nicht vollkommen streng durchgeführt, wenn auch die großen Halsschlagadern (Carotiden) wesentlich den Kopf, die Schlüsselbeinadern (Subclaviae) die Arme, und die untere Aorta den übrigen Körper durch ihre Aeste, Zweige und Zweiglein versorgen.

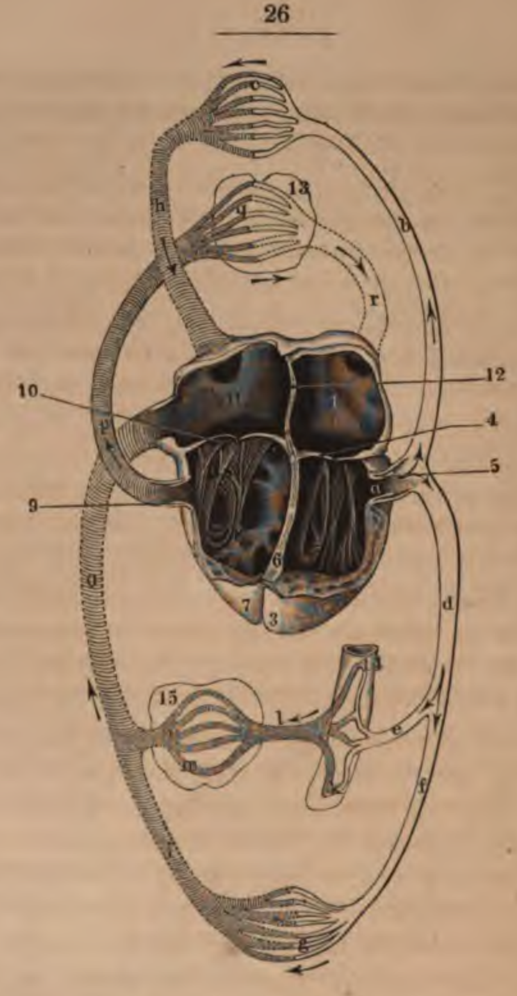


Fig. 5.

Schematische Darstellung des Blutkreislaufes. Das Herz ist der Länge nach durch einen quer auf die Scheidewand geführten Schnitt geöffnet, um die inneren Höhlen und Klappen zu zeigen, und zwar sind diese letzteren in der Stellung gezeichnet, welche sie bei der beginnenden Zusammenziehung der Kammern (Systole) einnehmen. Die zwischen den Kammern und den Vorhöfen angebrachten Segelklappen sind also geschlossen, die halbmondförmigen Klappen der großen Arterien aber geöffnet. Die Haargefäßsysteme sind durch einfache Verästelungen angezeigt; alle zum

Herzen führenden Gefäße (Venen) mit punktirten Linien, dagegen alle vom Herzen wegführenden Gefäße (Arterien) mit zusammenhängenden Contourlinien bezeichnet; kleine Pfeile zeigen die Richtung der Blutströmung. Diejenigen Gefäße, welche dunkles Blut führen und mit der rechten Herzhälfte in Verbindung stehen, (Körpervenen und Lungenarterien) sind quer schraffirt; die Gefäße des Pfortadersystems schwarz schattirt; die helles Blut führenden Gefäße (Lungenvenen und Körperarterien) sind unschraffirt gelassen.

1. Linker Vorhof. 2. Höhle der linken Kammer, die Sehnen und Warzenmuskeln zeigend, die sich an die Lappen der Segelklappe (4) ansetzen. 3. Spitze des Herzens. 4. Zweizipfelige Klappe (Valvula mitralis). 5. Halbmondförmige Klappen (V. semilunares) der Aorta. 6. Scheidewand der Kammern. 7. Spitze der rechten Kammer. 8. Höhlung der rechten Kammer. 9. Halbmondförmige Klappen der Lungenarterie. 10. Dreizipfelige Klappe (Valvula tricuspidalis). 11. Rechter Vorhof. 12. Scheidewand der Vorhöfe. 13. Lunge. 14. Darm. 15. Leber.

a. Arterieller Körperstrom (Aorta). b. Arterieller Strom für den Oberkörper. c. Capillarsystem des Oberkörpers. d. Arterieller Strom für den Unterkörper. e. Arterieller Strom für die Verdauungsorgane. f. Arterieller Strom für die untere Körperhälfte. g. Capillarsystem des Unterkörpers. h. Venöser Strom vom Oberkörper (Obere Hohlvene). i. Venöser Strom vom Unterkörper. k. Capillarsystem der Verdauungsorgane. l. Pfortader. m. Capillarsystem der Leber. n. Lebervenen. o. Untere Hohlvene. p. Lungenarterie. q. Capillarsystem der Lungen. r. Lungenvene.

So fein werden die letzten Aeste der Arterien, daß sie nur noch unter dem Mikroskop unterscheidbar sind. In diesem Zustande bilden sie Netze, welche alle Organe durchstricken. Die Inseln von Organsubstanz, welche bei einigen Geweben, wie z. B. in der Lunge oder der Leber, zwischen diesen feinen Maschen der Capillargefäße oder Haargefäße zurück bleiben, sind oft so klein und unbedeutend, daß bei manchen älteren Anatomen namentlich der Glaube verbreitet war, die Gewebe des Körpers beständen nur aus diesen letzten Zweigen der Blutgefäße. In jedem Organe des Körpers sind diese Haargefäßnetze anders gestaltet, je nach der Natur des Organes; anders in den Muskeln, anders in den Eingeweiden, anders in der Haut oder in den Knochen. Je lebhafter der Umsatz in einem Organe, desto enger und gedrängter sind auch die Netze, desto geringer die Inseln von Substanz, welche zwischen den Rinnen der Haargefäße zurückbleiben. Nur sehr wenige Organe, wie

z. B. die Oberhaut und die Haare, entbehren ihrer gänzlich. Aus diesen Maschennetzen nun sammeln sich allmählig wieder kleinere Stämmchen, welche unter einander zusammen münden, größere Zweige und Aeste und endlich zwei Hauptvenenstämme bilden, die obere und untere Hohlvene, welche sich in den rechten Vorhof einsenken und somit alles von der linken Kammer aus durch den Körper vertheilte Blut wieder in das Herz, aber in die rechte Herzhälfte, zurückführen. Man hat diese Sektion des Kreislaufes, von der linken Kammer aus durch die Haargefäße des Körpers und zurück in den rechten Vorhof, den großen oder Körperkreislauf genannt, und wie leicht einzusehen und zu beweisen ist, hängt die Bewegung des Blutes in dieser Bahn einzig und allein von den Zusammenziehungen der linken Kammer ab. In dem rechten Vorhofe angelangt erhält das Blut einen neuen Impuls, es strömt in die rechte Kammer und wird aus dieser in die Lungenarterie getrieben. Die Lungenarterie vertheilt sich in den Lungen in feine Capillaren, welche sich wieder zu Venen sammeln und endlich durch die großen Stämme der Lungenvenen in den linken Vorhof einmünden. Aus diesem wird dann das Blut in die linke Kammer gepreßt, von welcher aus es von neuem seine Bahn beginnt. Man hat diesen Abschnitt des Kreislaufes aus der rechten Kammer durch die Lungen in die linke Vorkammer den kleinen oder Lungenkreislauf genannt.

Während eines einmaligen Umschwunges durch seine Bahn läuft das Blut demnach zweimal durch das Herz, einmal, indem es aus dem großen Kreislaufe zurückkehrend durch das rechte Herz streicht, um von da aus nach den Lungen getrieben zu werden, das zweite Mal, wenn es aus den Lungen in das linke Herz und durch dieses in den Körper sich begibt. Zu einem jeden Kreislaufe gehört eine ungleichnamige Abtheilung verschiedener Herzhälften, zum großen linke Kammer und rechter Vorhof, zum kleinen rechte Kammer und linker Vorhof, und die Vermittlung zwischen den beiden im Herzen selbst so streng geschiedenen Herzhälften geschieht nur durch die Capillarsysteme

des Körpers einerseits und durch die Haargefäße der Lungen andererseits. Jede Hälfte eines Kreislaufes bildet gleichsam einen Baum, als dessen Stamm das aus dem Herzen entspringende Gefäß anzusehen ist, während die Krone mit den vielen tausend Zweiglein in den Capillarsystemen repräsentirt ist. Das arterielle, von der linken Kammer und der Aorta ausgehende System bildet einen solchen Baum, dessen Zweige in den Körpercapillaren unmittelbar in die Wurzeln des Körpervenenbaumes übergehen; ja, wenn man die Vergleichung noch weiter treiben wollte, so würde sich der Stamm des in den Körpercapillaren zusammengesetzten venösen Baumes durch die Hohlvenen in das rechte Herz fortsetzen und in den Lungen sich verästelnd, seine Krone bilden, während hier, in den Capillaren der Lungen, der Körperarterienbaum entspränge, seine Wurzeln in den Lungenvenen sammelte und als Stamm durch das linke Herz ziehend seine Krone in den Körpercapillaren bildete. Wie man sich auch die Sache vorstellen mag, zu jeder Hälfte des Kreislaufes gehören zwei centrale Herzabtheilungen, ein peripherisches Capillarsystem und ein System ausführender und rückführender Kanäle (Arterien und Venen); der große Kreislauf hat seine linke Kammer, seinen rechten Vorhof, seine Körperarterien und Körpervenen; der Lungenkreislauf seine rechte Kammer, seinen linken Vorhof, seine Lungenarterien und Lungenvenen.

Einer besonderen Erwähnung ist noch das sogenannte Pfortadersystem werth, welches gleichsam ein Einschiebsel in den großen Kreislauf bildet. Der untere Körperstrom der Aorta versorgt nicht nur Rumpf und Beine, sondern auch die Eingeweide der Bauchhöhle und namentlich den Darmkanal und seine Anhänge mit arteriellen Gefäßen. Diese verzweigen sich und bilden Capillarnetze, aus denen Darmvenen sich zusammensetzen, welche endlich alle in eine große Vene, die Pfortader, sich vereinigen. Wäre die Anordnung wie an den übrigen Organen, so würde die Pfortader ihr Blut unmittelbar in eine Hohlvene ergießen und so es direkt dem rechten Vorhofe zuführen.

Dies ist aber nicht der Fall. Die Pfortader tritt in die Leber ein, und bildet in dieser Capillarnetze ganz wie eine Arterie — aus diesen Haargefäßen der Leber sammeln sich erst wieder die Lebervenen (n), welche das Blut in die Hohlvene und durch diese in das Herz ergießen. Während also im ganzen übrigen Körper das Blut stets nur ein Capillarsystem durchläuft, bevor es wieder in einer Herzabtheilung einen neuen Impuls erhält, durchströmt das den Darm speisende Blut zwei Capillarsysteme, das des Darmes und das der Leber, zwischen welchen keine bewegende Kraft angebracht ist, und kehrt dann erst wieder in das Herz zurück. Wir werden später sehen, daß diese eigenthümliche Anordnung des Darm- und Leber-Kreislaufes oder des Pfortadersystemes, die allen Wirbelthieren bis zu den Fischen herab eigen ist, in einer ganz besonderen Beziehung zu der Ernährung des Körpers überhaupt steht.

Die Capillarsysteme sind, wie wir später beweisen werden, der Sitz der chemischen und physikalischen Veränderungen der Blutmasse. In den Capillaren geht der Prozeß der Ernährung, der Absonderung, der Auffaugung vor sich, und dieser wechselseitige Austausch von Stoffen in den Capillaren zwischen der Blutmasse und den umgebenden Organtheilen muß nothwendig eine gewisse Rückwirkung auf Farbe und Zusammensetzung des Blutes haben. In den Capillaren des Körpers wird das Blut dunkel, es erhält eine bläulich-violette Farbe; in den Capillaren der Lunge wird es hellroth, schäumend. Der Durchgang des Blutes durch das Herz verändert seine Constitution durchaus nicht; das Herz hat nur eine rein mechanische Beziehung zu dem Blute, es theilt ihm durch seine Zusammenziehung nur die Bewegung mit. Wenn demnach der Durchgang durch Capillaren das Blut ändert, derjenige durch das Herz aber nicht, so müssen die *ungleichnamigen Gefäße der beiden Kreislaufhälften gleichartiges, die beiden Herzhälften verschiedenartiges Blut* führen. Die Lungenvenen führen hellrothes Blut, dieses durchläuft das linke Herz und wird, ohne verändert zu werden, in den Körperarterien

weiter geschafft; — in den Körpercapillaren wird das Blut dunkel, blau, und bleibt so durch die Venen, das rechte Herz und die Lungenarterien hindurch bis in die Lungencapillaren, wo es wieder hellroth wird. Man hat das hellrothe Blut auch arterielles, das blaurothe venöses Blut und demnach die linke Herzhälfte das Arterienherz, die rechte das Venenherz genannt; es folgt aus diesen Benennungen leider eine große Verwirrung, denn die Lungenarterien führen blaurothes, venöses Blut, die Lungenvenen hellrothes, arterielles. Ich weiß mich noch gar wohl zu erinnern, wie sehr mir diese fatalen Benennungen eine klare Anschauung des Kreislaufes behinderten; ich werde sie hier nicht anwenden, und nur von dunklem und hellrothem Blute, von dunkler und heller oder rechter und linker Herzhälfte sprechen.

Die ganze hydraulische Anordnung des Gefäßsystemes mit dem Herzen entspricht den Anforderungen, welche an ein solches Röhrensystem gemacht werden können, auf das Vollkommenste. Schon in dem Herzen selbst ist keine Kraft unnöthig verschwendet; — die Kammerwandungen sind ihrer Dicke und Muskelmasse nach genau der Bahn angemessen, durch welche sie das Blut hindurchtreiben sollen. Die linke Kammer, welche die gesammte Blutmasse durch alle Arterien, Capillaren und Venen des Körpers, ja sogar theilweise, in dem Pfortadersysteme, durch zwei Capillarsysteme bis in die rechte Vorkammer treiben muß, ist die stärkste an Muskelschichten, und dem Gewichte, wie dem Volumen nach, ist ihre Muskelmasse genau doppelt so groß, als diejenige der rechten Kammer, welche nur auf weit kleinerer Bahn durch die Lungen ihre forttreibende Kraft ausübt, und deßhalb auch weit dünnere contraktile Wände besitzt. Trotz dieser so einfachen und leicht ersichtlichen Verhältnisse aber hat man sich von frühen Zeiten her bestrebt, dem Blute als solchem einen Antheil an der Bewegung zukommen zu lassen. Es widerstrebte der Ueberzeugung vom Leben des Blutes, wenn man wieder auf der anderen Seite annehmen sollte, daß es sich der Herzthätigkeit gegenüber nur wie eine jede andere todte Flüssig-

keit verhalte, und man vergaß, daß alle Bewegung auf Erden, mag sie nun Organismen angehören oder nicht, denselben physikalischen Gesetzen gehorcht, und daß der Knochen nicht minder lebt, wenn er gleich von den Muskeln wie jeder andere leblose Hebelarm hin- und hergezogen wird. Es kann meine Aufgabe nicht sein, hier alle jene veralteten Hypothesen von einer eigenen Propulsivkraft, die dem Blute inwohnen sollte, von einer freien Bewegung der Blutkörperchen, von einer Wiederholung des Planetenlaufes in der Blutbahn zu widerlegen; der Versuch, die Rechnung und die Anwendung rein physikalischer Untersuchungsmethoden haben mit mathematischer Gewißheit dargethan, daß alle Blutbewegung lediglich und allein von der Herzthätigkeit abhängt, daß die bewegende Kraft einzig in dem Herzen liegt und die Strömung ganz auf dieselbe Weise in den Gefäßen geschieht, ob nun Blut oder eine andere ähnlich zusammengesetzte Flüssigkeit darin kreise.

Mit jeder Zusammenziehung treibt das Herz eine gewisse Blutmenge aus den Kammern in die Arterien hinaus. Die Arterien sind aus elastischen Fasern gesponnene Röhren, der Stoß der Blutwelle dehnt mithin ihr Lumen aus. Ihre eigene Elasticität aber, sowie der momentane Nachlaß des Stoßes während der Kammerdiastole, bedingen einen Widerstand gegen diese passive Ausdehnung; — die Arterie zieht sich auf ihr früheres Volumen zusammen. Nun neue Kammersystole, neuer Stoß, neue Welle, abermalige Ausdehnung des Gefäßes, der ein erneuter Widerstand der elastischen Gefäßwände, eine zweite Zusammenziehung folgt. Dies beständige Heben und Senken der Arterienwandungen, der abwechselnde Rhythmus der Blutwellen bedingt die Erscheinung des Pulses; jenes Orakels, das man bei allen Krankheiten um Rath fragt. Drei Momente kommen demnach bei dem Pulse hauptsächlich in Betracht: die Kraft des Herzstoßes, die Größe der Blutwelle und der Grad der Elasticität der Arterien, wodurch eine mehr oder minder bedeutende Energie des Widerstandes ihrer Wandungen bedingt wird. Aus diesen drei Faktoren setzen sich alle jene verschiedenen

Modifikationen des Pulses zusammen, welche der Arzt zu beobachten und in seinen Diagnosen zu benutzen hat. Die Zahl und der Rhythmus des Pulses hängen von der Herzthätigkeit, seine Völle oder Leere von der Größe der Blutwelle und der Gesammtmenge des Blutes überhaupt, seine Härte oder Weichheit endlich von dem Contraktionszustande der Arterienhäute ab. Man weiß aus Erfahrung, daß die scheinbar heterogensten Eigenschaften des Pulses sich vereinigen können, daß ein voller Puls zugleich weich sein kann, wenn ein lähmungsartiger Zustand der Arterienhäute die thätige Contraktion der Fasern hemmt, oder daß bei kleinem, kaum fühlbarem Pulse derselbe doch hart ist, weil durch Krampf die elastischen Fasern zusammengezogen sind. Man sieht leicht ein, daß bei dem innigen Zusammenhange der Herzbewegung mit dem centralen Nervensystem, bei der genauen Verknüpfung der Blutbereitung, Verdauung und Ernährung mit der Menge des Blutes und der Abhängigkeit der Gefäßcontraktion von dem peripherischen Nervensystem und von den äußeren Eingüssen, der Puls die mannichfachsten krankhaften Erscheinungen in sich reflektiren kann.

Nicht bloß krankhafte Zustände aber, auch normale Einflüsse bedingen die größten Verschiedenheiten des Pulses je nach Alter, Geschlecht und Größe der Individuen. Im Allgemeinen steht der Satz fest, daß die Zahl der Pulsschläge im umgekehrten Verhältnisse zu der Körpermasse steht. So hat ein neugebornes Kind im Durchschnitt 130—140 Pulsschläge, ein erwachsenes Individuum zwischen 20—50 Jahren etwa 70, ein Greis etwa 80 Pulsschläge in der Minute. Eben so einflußreich ist der Athmungsprozeß. Je lebhafter die Respiration, desto zahlreicher auch die Pulsschläge, desto kräftiger die Zusammenziehungen des Herzens. Auch die Körperstellung hat Einfluß. Im Stehen ist der Puls zahlreicher als im Sitzen, hier wieder beschleunigter als im Liegen.

Mit jedem Pulsschlage wird eine gewisse Quantität Blut aus dem Herzen in die Arterien hinausgetrieben, und zwar muß diese Menge Blutes mit der Capacität der Herzhöhlen im ge-

nauesten Verhältnisse stehen. Die Herzkammer kann begreiflicher Weise nicht mehr Blut auspressen als sie enthalten kann, und was sie bei der Diastole aufnimmt, das treibt sie auch fast vollständig wieder aus. Kennt man nun die Capacität der Herzhöhlen und die Quantität der in dem Körper überhaupt vorhandenen Blutmenge, so läßt sich leicht berechnen, in wie viel Zeit die gesammte Blutmenge durch das Herz gehen muß, oder mit anderen Worten, wie viel Zeit zu einem vollständigen Umschwunge der gesammten Blutmenge gehöre. Nun ist aber leider die Bestimmung der Blutmenge eines Individuums eine äußerst schwierige Aufgabe. Das Verblutenlassen führt nicht zum Ziele. Das Leben endet durch die Lähmung des Gehirnes und des Herzens schon lange bevor sämmtliches Blut aus den Gefäßen ausgeflossen ist und es bleibt stets eine Menge davon in den Haargefäßen zurück, welche nicht bestimmt werden kann und die um so größer ausfällt, je bedeutender die Körpermasse selbst ist. Die sicherste Methode, welche man bis jetzt anwenden konnte, besteht in der Berechnung der Blutmasse aus der Verminderung des specifischen Gewichtes, die es durch Zufügung reinen Wassers erleidet. Man entzieht einem Thiere eine bestimmte Quantität Blut (so viel als ohne Störung geschehen kann) und bestimmt genau dessen specifisches Gewicht, so wie die Menge fester Stoffe, die es enthält. Nun sprützt man, was ohne Gefahr geschehen kann, destillirtes Wasser in bestimmter Menge in die Adern, wartet einige Minuten, bis dieses durch den Kreislauf mit der Blutmenge gemischt ist, und entzieht dann aufs Neue von dem nun verdünnten Blute eine bestimmte Menge, an der man specifisches Gewicht und festen Stoffgehalt bestimmt. Aus der Vergleichung der erhaltenen Werthe beim unverdünnten und beim verdünnten Blute läßt sich nun die Blutmenge des Thieres bestimmen. — Die Fehlerquellen dieser Methode liegen darin, daß die Gefäße keine todten Röhren sind, die nicht abgeben und aufnehmen, sondern daß im Gegentheile unmittelbar nach dem Aderlasse überall wässerige Flüssigkeit im Körper aufgesaugt, nach der Einspritzung Wasser abgesondert wird, so daß

also die Blutmenge nicht absolut dieselbe bleibt und nicht denselben Concentrationsgrad behält. — Nimmt man, abgesehen von diesen Fehlerquellen, die Resultate der Versuche an, so findet man, daß Fleischfresser im Durchschnitte mehr Blut besitzen als Pflanzenfresser und daß die Blutmasse etwa $^1/_8$ des Körpergewichtes im Mittel ausmacht. Ein 30- bis 40jähriger Mann würde danach im Durchschnitte 14,6 Kilogramme Blut (etwa 30 Pfund), eine Frau in demselben Alter 25 Pfund Blut besitzen. — Noch schwieriger ist die Bestimmung des Rauminhaltes der Herzhöhlen, da hier die Zusammenziehung und Stärke der Muskelwandungen viele Störungen verursachen. Berechnet man indeß aus den vorhandenen Angaben die Dauer, binnen welcher die gesammte Blutmenge durch das Herz durchgeht, so schwanken die Resultate zwischen 72 bis 120 Sekunden. Der Umschwung der gesammten Blutmasse dauert also höchstens zwei Minuten. Auch in anderer Weise angestellte Versuche bestätigen dies Resultat. Man öffnete eine Halsvene und spritzte ein leicht zu entdeckendes Reagens in das Blut ein. In abgemessenen Intervallen, die man mit der Sekundenuhr bestimmte, zapfte man nun aus der Halsvene der anderen Seite Blut ab und untersuchte dies Blut auf den Gehalt an dem eingeführten Stoffe. Um von einer Vene zur anderen zu gelangen, mußte das Blut den Weg durch das rechte Herz in die Lungen, dann in das linke Herz und durch den Körper machen, folglich die ganze Bahn des Kreislaufes durchmessen. Hierzu genügten 30—40 Sekunden.

Wie man sieht, so liefern diese Versuche, die noch obendrein an Pferden, also an größeren Thieren angestellt wurden, eine größere Geschwindigkeit des Blutlaufes, als die eben mitgetheilten, auf die Capacität der Herzräume und die Blutmenge gestützten Berechnungen. Es ist aber zu berücksichtigen, daß bei den Versuchen nur die Zeit bestimmt wird, welche das mit dem Reagens versetzte Blut auf dem kürzesten Wege zurücklegt, und daß eine jede Blutbahn je nach Verhältniß ihrer Länge für ihre Durchströmung eine verschiedene Zeit verlangt. Ein Blutkör-

perchen, welches unmittelbar am Anfange der Aorta in die Kranzarterien des Herzens eingeht und durch die Kranzvenen zurückkehrt, wird den kürzeren Weg in geringerer Zeit zurücklegen, als ein anderes, welches durch die Zehen läuft. Man wird deßhalb wohl nicht irren, wenn man annimmt, daß eine Minute die mittlere Dauer des Blutumschwunges im menschlichen Körper sei und die gesammte Blutmenge demnach in einem Tage 1440 Mal den Körper durchkreise.

Je weiter vom Herzen weg man dem Blutlaufe folgt, desto langsamer wird er und desto unmerklicher wird der Puls, bis letzterer endlich gänzlich aufhört und in den fernsten und dünnsten Arterienzweigen das Blut langsam in stetem, gleichmäßigem Strome dahinfließt. Auch diese Erscheinungen lassen sich auf die befriedigendste Weise aus physikalischen Grundsätzen erläutern. Die Reibung des Blutes gegen die Arterienwände ist zwar nicht sehr bedeutend, da diese letzteren sehr glatt und eben sind, allein sie bildet doch immer ein Moment der Hemmung. Weit wesentlicher aber wirkt zu dieser Verlangsamung des Blutstromes die Erweiterung der Blutbahn ein. Es ist eine bekannte Sache, daß die Schnelligkeit eines Stromes in erweitertem Bette abnimmt und in ausgedehnten Becken und Seen sich fast auf Null reducirt; es ist eine Thatsache, daß in geschlossenen Röhren dasselbe Statt findet. Bei der Vertheilung der Blutgefäße ist dies Gesetz in Anwendung gebracht. Zwar sind die Zweige einer Arterie, jeder einzeln genommen, stets dünner als der Hauptstamm, aber die Gesammtsumme ihres Inhaltes übertrifft denjenigen des Hauptstammes stets um ein Bedeutendes. Die Unterleibsaorta z. B. theilt sich in der Tiefe des Beckens in zwei große Schlagadern, die Hüftschlagadern. Eine einzelne Hüftschlagader für sich genommen ist nicht so groß als die Aorta, aber ihr Durchmesser beträgt doch wenigstens zwei Drittel von dem Durchmesser der Aorta, so daß die beiden Hüftschlagadern zusammengenommen den Aortendurchmesser um ein Drittel wenigstens überwiegen. Alle Aeste der Arterien, wie der Venen, verhalten sich auf die gleiche Weise, und je weiter die Vertheilung der feinen Aeste und der

Capillargefäße geht, desto ausgedehnter wird auch die Blutbahn und desto langsamer der Kreislauf. Man hat nicht mit Unrecht gesagt, daß ein jedes Gefäßsystem bei idealer Aufzeichnung der Lumina einen Kegel bilden würde, dessen Spitze im Herzen, die Basis in den peripherischen Capillaren läge.

Das Verschwinden des Pulses in den entfernten feinen Arterienzweigen beruht nicht blos auf der Abnahme des Herzstoßes in die Entfernung. Denn wie bedeutend die Kraft des Herzstoßes noch in den Beinen sei, lehrt leicht die einfachste Beobachtung. Man fixire nur aufmerksam bei einem Manne, der sitzend die Beine übereinander geschlagen hat, das frei in der Luft schwebende Bein, und man wird bald den Pulsschlag an den regelmäßigen Hebungen und Senkungen des Fußes zählen können. Das Bein bildet in dieser Stellung einen äußerst langen Hebel, etwa wie der Zeiger an einem Kraftmesser, und deßhalb werden die pulsatorischen Bewegungen der Kniekehlenschlagader sichtbar, da sie einem langen Hebelarme mitgetheilt werden. Das Verschwinden des Pulsschlages, der Uebergang des abgesetzten, rhythmischen Stoßes in ein gleichförmiges Fließen, das in den engeren Arterien und Capillaren Statt hat, hängt von der durch die Elasticität bedingten Summirung aller einzelnen Stöße ab. Die elastische Gefäßwand setzt der Ausdehnung einen gewissen Widerstand entgegen, der endlich sich so weit erhebt und addirt, daß er der Stoßkraft Gleichgewicht hält und somit die Gleichförmigkeit des Stromes hergestellt ist.

Die Capillargefäße bilden den unmittelbaren Uebergang zwischen Arterien und Venen und in diesem feinen Röhrennetz tritt das Blut in unmittelbare Wechselwirkung mit der Substanz der Organe. Die Beobachtung hat dargethan, daß alle Capillaren, selbst die feinsten, stets ihre gesonderten deutlichen Wandungen haben, daß die Gefäßröhren überall vollkommen geschlossen sind und demnach zwischen umgebender Substanz und kreisendem Blute nur mittelst Durchdringung der Gefäßwände Austausch von Stoffen Statt finden kann. Diese Durchdringung

der Gefäßwände ist aber nur bei flüssigen oder gasförmigen Substanzen möglich; feste in den Blutstrom eingeführte Körper können nur durch Verletzung der Gefäßwandungen oder durch Auflösung in dem Blute wieder aus dem Kreislaufe herauskommen. Deßhalb können auch die festen, in dem Blute schwimmenden Körperchen, deren Eigenschaften wir später kennen lernen werden, die Blutkörperchen, keinen direkten Einfluß auf die Ernährung haben, sondern nur durch stete Zerstörung und Auflösung im Blutwasser mit der umgebenden Substanz der Organe in Wechselwirkung treten. Die Bewegung des Blutes in den Capillargefäßen hängt einzig und allein von dem Stoße des Herzens ab; es tritt hier keine neue unbekannte Kraft hinzu, wie man früher glaubte. Die Wandungen der Capillaren sind auf sehr eigenthümliche Weise gebildet. Sie sind außerordentlich permeabel für Flüssigkeiten und gasförmige Stoffe, und die Prozesse der Endosmose und Exosmose oder des Austausches von Stoffen durch thierische Membranen sind hier in ihrer größten Intensität entwickelt. Die Capillaren sind aber auch sehr contraktil und namentlich für Temperaturwechsel und andere, vom Organismus selbst ausgehende Reize außerordentlich empfindlich. Applikation von Kälte kann sie fast bis zu gänzlicher Verschließung bringen und durch diese bedeutende Contraktilität üben sie einen mächtigen Einfluß auf die Gesammtheit des Blutkreislaufes aus. Man stelle sich die Capillaren eines Organes bis auf die Hälfte, auf ein Drittel ihres Volums zusammengezogen vor; — es wird dann auch nur die Hälfte, das Drittel der für das Organ bestimmten Blutmenge in dasselbe eintreten können und die übrigen Organe mit Blut überfüllt werden.

Alle diese Verhältnisse der Capillaren erforderten die angestrengtesten Bemühungen und ausgedehntesten Beobachtungen zu ihrer endlichen Feststellung. Namentlich gegen die Existenz eigener Wandungen stritten mehrere vortreffliche Beobachter, welche die Capillargefäße nur für in die Substanz ausgehöhlte Rinnen ansehen wollten. Andere glaubten a priori den unmittelbaren Uebergang des Blutes aus den Arterien in die Venen

abläugnen zu können; sie nahmen, aller direkten Beobachtung zum Trotze, an, das arterielle Blut gehe in der Substanz der Organe unter, und werde als venöses wieder neu geboren. In anderer Weise hat sich ein Rest dieser Ansicht noch bis in die neueste Zeit bei einigen Beobachtern erhalten, wonach wenigstens in den absondernden Drüsen die feinsten Haargefäße sich direkt in die absondernden Kanäle öffnen sollen. Indeß verhallen solche Stimmen immer mehr und mehr und die Ueberzeugung, daß alle Capillargefäße in sich abgeschlossen sind und nirgends eine Oeffnung zeigen, ist jetzt zum allgemein angenommenen Axiom geworden.

Auf dieselbe Weise, wie die Arterien sich allmählig in die Capillaren auflösten, setzen sich aus denselben die Venen zusammen. In dem Bereiche des Capillarkreislaufes ist es unmöglich, zu entscheiden, wo die Arterie aufhört, wo die Vene beginnt. Die bewegende Kraft, welche auf das in den Venen befindliche Blut einwirkt, ist ebenfalls einzig und allein der Herzstoß. Da aber dieser schon in den Capillaren in einen gleichmäßigen Druck sich umgewandelt hat, so wird er auch in den Venen in dieser Weise bleiben, wenn gleich immer noch eine geringe Oscillation in dem Drucke sich je nach Systole und Diastole des Herzens bemerken läßt. Aus einer angestochenen Vene, beim Aderlaß z. B., spritzt das Blut in continuirlichem Strome, der abwechselnde Wellen zeigt, die aber nur unbedeutend sind; aus einer verletzten Arterie springt es in Absätzen; es ist etwa der gleiche Unterschied wie zwischen dem Strahl einer Feuerspritze und dem einer einfachen Pumpe ohne Luftkasten. Der Druck, unter dem sich das Blut in den Venen bewegt, ist nur noch gering; die Geschwindigkeit des Blutlaufes ist indeß etwas größer, als in den Capillaren, weil durch die allmählige Sammlung der Venen in einzelne Stämme das Blut in stets engere und engere Räume einzutreten genöthigt ist. Das Verhältniß der Aeste zu den Stämmen ist bei den Venen durchaus dasselbe, wie bei den Arterien; der Strom des Blutes geht aber von den Zweigen aus nach dem Stamme hin. Stellen wir uns beide Gefäßsysteme unter dem Bilde zweier, mit der Basis an einander gelegter

Kegel vor, deren Spitzen in dem Herzen sich finden, so geht der arterielle Blutstrom von der Spitze nach der Basis, aus dem engeren in den weiteren Raum und verlangsamt sich deßhalb zusehends; während die venöse Strömung von der Basis zur Spitze gerichtet ist und deßhalb, bei steter Verengerung des ihr angewiesenen Raumes, eine stete Beschleunigung erfährt. In der Nähe des Herzens tritt durch die Erweiterung der Vorkammern bei der Diastole ein neues bewegendes Moment hinzu, indem das Blut durch die Entstehung eines leeren Raumes in den Vorhöfen von diesen angesogen wird, wie das Wasser in einem Gummibeutel, den wir zusammengedrückt haben und wieder sich ausdehnen lassen, während wir seine Oeffnung in die Flüssigkeit tauchen. Trotz dieser Verhältnisse würde aber der Venenkreislauf den bedeutendsten Störungen unterworfen sein, wenn nicht durch besondere Klappen im Innern der Venen manchen Uebelständen vorgebeugt wäre. Die Venen haben keine solche elastische Wandungen wie die Arterien, sie können dem Drucke der umgebenden Theile bei Bewegungen, Stellungsänderungen rc. keinen Widerstand leisten, und dieser Druck ist oft wenigstens stärker, als der im Innern der Vene auf das Blut ausgeübte. Dieses würde demnach bei jedem solchem Drucke nach der Peripherie hin zurückgestaucht werden und Hemmungen des Capillarkreislaufes veranlassen, wenn nicht Taschenventile angebracht wären, welche sich dem Rückprallen des Blutes gegen die Peripherie hin entgegenstemmen und das Lumen der Vene verschließen. An den unteren Körpertheilen, den Beinen, wo das Venenblut der Schwere entgegen von unten nach oben in die Höhe geschafft werden muß, haben auch diese Ventile den Nutzen, daß sie bei momentanem Nachlasse des Blutdruckes vom Herzen aus das Zurücksinken der Blutsäule nach unten verhindern. Daß sie nicht einzig zu diesem Endzwecke angebracht sind, lehrt ihre Anwesenheit in den Venen des Halses, wo das Venenblut in seinem Strome der Richtung der Schwere folgt, so wie ihre Abwesenheit in solchen Venen, welche keinem Drucke der umgebenden Theile unterliegen können.

Suchen wir nun die Resultate der vorliegenden Untersuchungen in einige übersichtliche Sätze zusammenzufassen, so wären diese etwa folgende. Das Blut kreist in beständigem Umschwunge in einem Systeme von durchaus und überall geschlossenen Röhren. Der Kreislauf geschieht stets in derselben Richtung: aus der linken Herzhälfte in den Körper, von dort in die rechte Herzhälfte, aus dieser in die Lungen und aus den Lungen in das linke Herz zurück. Die Arterien sind Leitungsröhren vom Herzen zur Peripherie; die Venen Leitungsröhren von der Peripherie zum Herzen. Die Capillargefäße sind die Vermittler aller Prozesse des vegetativen Lebens, der Ernährung, Aufsaugung und Absonderung. Nur in den Capillargefäßen erleidet das Blut als solches physikalische und chemische Veränderungen. In den Capillaren des Körpers wird es dunkel violett, mit Kohlensäure geschwängert, in denen der Lungen hellroth und sauerstoffhaltig; die Umwandlungen können nur durch Imbibition und Durchdringung der überall geschlossenen Gefäßwandungen vor sich gehen. Die Kraft, welche das Blut bewegt, geht einzig und allein von dem Herzen aus. Das Herz ist eine mit Ventilen versehene Druckpumpe, die nach bestimmten physikalischen Gesetzen eingerichtet ist und diesen gemäß arbeitet.

Und so wäre es denn der Physiologie gelungen, das Herz, das so unruhig bewegte in der Menschenbrust, zu zähmen, ihm Fesseln anzulegen und Gesetze aufzubürden? Es wäre Erdichtung, die Theilnahme, welche wir ihm an unseren Gefühlen zuschreiben; und wenn wir unserer alten Gewohnheit nach reden vom stärkeren Schlage unseres Herzens, von freudigem Pochen und angstvollem Erzittern, so wären das nur bildliche Redensarten, schöne Träume einer regen Phantasie? Es wäre uns gegangen, wie dem Peter in Hauff's Mährchen vom Tannenhäuser, dem man das lebendige Herz aus der Brust riß und ein steinernes einsetzte, das zwar auch pochte und das Blut umtrieb; das aber keinen Antheil nahm an seinen Leiden und Freuden, das in Liebe und Haß gleichmäßig fortschlug, wie das Ticktack einer Uhr? Nein! wahrlich nein! so weit geht unsere

Mechanik nicht. Sie lehrt uns die Gesetze, die physikalischen, an dem Herzen und den Gefäßen angebrachten Kräfte und deren Wirkungen kennen; allein Beobachtung und Reflexion zeigen auch, wie sehr die Anwendung dieser Kräfte von einem höheren Leiter, von dem Nervensysteme, abhängt und wie sehr jeder dort empfangene Eindruck sich in dem Maße und der Art der Herzbewegungen abspiegelt und reflektirt. Wir täuschen uns nicht, wenn wir in der Begeisterung unser Herz voller schlagen, in der Angst, der Erwartung es krampfhaft erzittern fühlen; — wir täuschen uns nur, wenn wir dem Herzen unmittelbar diese Theilnahme zuschreiben; es ist nur der Reflektor der von dem Centralorgane des Nervensystemes, dem Gehirne, aufgenommenen Eindrücke und Empfindungen, und auf Reizungen, welche von diesen Centralorganen ausgehen, reagirt es sogar weit heftiger, als auf direkt angebrachte Irritation. Daß aber großentheils auf solch engem Zusammenhange des Herzens und seiner Bewegungen mit dem Gehirne der Einfluß des letzteren auf die vegetativen Prozesse des Lebens beruhe, scheint mir keinem Zweifel unterworfen. Kummer, Angst und Sorge reiben den Körper auf; froher Muth, heiterer Sinn, ein gewisses Maß in Affekten und Leidenschaften erhalten die Gesundheit und Lebensfrische. Das sind Erfahrungen, die jeder im Leben bestätigt finden kann; — der Grund des Zusammenhanges dieser Erscheinungen ist nicht so leicht klar zu machen. Aber von der steten Erneuerung des Blutes hängt die Ernährung, die Athmung, das ganze vegetative Leben ab; und die Erneuerung und Bewegung des Blutes sind mit der Herzbewegung selbst auf das Innigste verknüpft. Wo der eine Faktor fehlt, da wird auch die ganze Summe unrichtig, und wo Uebermaß der Leidenschaften, ungestümer Wechsel der Affekte oder anhaltender Einfluß deprimirender Geistesstimmung die Aktion des Herzens unregelmäßig machen oder lähmend darauf einwirken, da kann auch der Blutlauf und somit die Ernährung des Körpers nicht in gehöriger Weise vor sich gehen.

Zweiter Brief.

Das Blut, die Lymphe und der Chylus.

Das Blut, so wie es aus der geöffneten Ader springt, so wie es im lebenden Körper kreist, ist nicht eine einfache, homogene rothe Flüssigkeit ohne weitere Zusammensetzung. Es besteht aus zwei wesentlichen Formbestandtheilen: den rothen und farblosen Blutkörperchen, und dem Plasma oder der Blutflüssigkeit. Seine Farbe, die im Ganzen ein helles Kirschroth ist, scheint nicht unter allen Verhältnissen gleich. In der Jugend, bei lebhafter Bewegung, bei zarten, blutarmen Individuen ist das Blut heller, bei Menschen mit sitzender Lebensart und bei kräftigem Körperbau meistens dunkler. Die Luft wirkt schon in dem Augenblicke des Ausfließens auf die Farbe ein. Das Blut, welches aus einer weit geöffneten Ader hervorstürzt, ist dunkler als dasjenige, welches bei langsamem Ausfließen in feinem Strahle mit der Luft in innigere Berührung gekommen ist. Das Blut aus den Schlagadern, welches bei Verwundungen derselben in abwechselnden Stößen hervorspringt, erscheint mehr kirschroth mit einem Stich ins Zinnoberrothe, während das venöse Blut eine violette Färbung zeigt. Der eigenthümliche Geruch ähnelt demjenigen der Hautausdünstung und rührt wahrscheinlich von einem dem Blute beigemengten Fette her, das durch die Haut abgeschieden wird. Das spezifische Gewicht mag im Mittel etwa 1,055 betragen. Weiber und Jünglinge haben leichteres, dünneres Blut, als erwachsene Männer. Indessen wechseln auch diese Verhältnisse ungemein, je nach dem Gesundheitszustande des Individuums oder nach der Aufnahme fester oder flüssiger Nahrungsmittel.



Fig. 6. Blutelemente des Frosches, bei 500maliger Vergrößerung. a. Ovales Blutkörperchen von der Fläche gesehen. b. Dasselbe von der Kante aus. c. Farbloses Lymphkörperchen.

Fig. 7. Blut- und Lymph-Elemente des Menschen, bei 800facher Vergrößerung. d. Blutkörperchen, von der Fläche gesehen. e. Eines von der Kante aus. f. Rolle von aneinandergeklebten Blutkörperchen. g. g. Farblose Lymphkörperchen. h. Fettbläschen (Oeltröpfchen) aus dem Chylus, welche diese Flüssigkeit milchig machen.

Unter den Formbestandtheilen des Blutes, die sich nur mit dem Mikroskope unterscheiden lassen, fallen vor Allem die rothen Blutkörperchen ins Auge; kleine, runde, elastische Scheibchen, welche im Mittel $\frac{1}{300}$ Linie im Durchmesser haben. Unter dem Mikroskope erscheinen sie von schwach gelblicher Farbe, während ihre Anhäufung in großen Massen dem bloßen Auge die erwähnten Farbennüancen entgegenstellt. Bei dem Menschen haben die Blutkörperchen die Gestalt einer in der Mitte etwas vertieften kreisrunden Scheibe mit dickerem Rande, so daß man sie nicht unpassend mit Münzen verglichen hat. Sie scheinen in ihrer Masse ganz homogen zu sein; — wenigstens sind die Erscheinungen, die man bald auf Anwesenheit eines Kernes, bald auf die eines leeren Raumes in ihrer Mitte zu deuten suchte, entweder nur optische Täuschungen, oder durch die äußeren Einflüsse bedingte Veränderungen. Bei den größeren ovalen Blutkörperchen der Frösche tritt freilich ein Kern, der sogar eine mittlere Auftreibung veranlaßt, auf das Deutlichste hervor; — allein auch hier behauptet ein neuerer, genauer Beobachter, daß der Kern nur eine Gerinnungserscheinung sei, bedingt durch den Einfluß der Luft auf die Masse des Blutkörperchens, und daß in solchen Körperchen, die nicht mit der Luft in Berührung kommen, kein solcher Kern zu sehen sei. Man hat viel von einer festeren

Hülle und einem flüssigen Inhalte der Blutkörperchen gesprochen; indessen dürfte man der Wahrheit näher kommen, wenn man annimmt, daß die Blutkörperchen im Ganzen aus einem schwammig aufgequollenen eiweißartigen Stoffe, dem sogenannten Globulin bestehen, dessen äußere Schicht bedeutend fester ist, und durch verschiedene Einflüsse sich bald faltet und zusammenzieht, bald aufquillt, und bis zum Platzen ausdehnt. Daß die Körperchen nur halbfest und elastisch seien, beweist namentlich die Untersuchung des Capillarkreislaufes in durchsichtigen Theilen solcher Thiere, welche, wie die Frösche, große Blutkörperchen besitzen. Sobald irgendwo an einem Zweige, an einer Beugung des Gefäßes eine Stockung der rasch dahinrollenden Blutkörperchen eintritt, wobei sie gedrängt und zusammengedrückt werden, so biegen sie sich auf die mannichfaltigste Art ein, und oft sieht man Blutkörperchen, welche, um in ein sehr enges Haargefäß einzudringen, sich einbiegen, eiförmig und länglich werden, bis sie in freiere Räume gelangend ihre ursprüngliche Form wieder annehmen. Im kreisenden Blute schwimmen alle Blutkörperchen einzeln und gleiten leicht an einander vorbei; — aus der Ader gelassen oder beim Stocken des Kreislaufes legen sie sich gern mit ihren glatten Flächen an einander und kleben auf diese Weise zusammen, so daß sie kleine Säulchen bilden, die etwa wie Geldrollen aussehen. Der schwammige, leicht aufquellende Stoff der Blutkörperchen ist äußerst empfindlich gegen Einwirkungen jeder Art. In reinem Wasser, in Flüssigkeiten von schwächerem Concentrationsgrade als die Blutflüssigkeit, quellen die Blutkörperchen durch Wassereinsaugung auf; in gesättigten Salz- und Zuckerlösungen schrumpfen sie ein, weil ihnen die Flüssigkeit Wasser entzieht. Andere Stoffe verändern sie durch chemische Einwirkung auf die mannichfaltigste Weise. Gase werden von ihnen mit großer Begierde eingeschluckt, und wie aus den oben angeführten Beobachtungen über die Existenz eines Kernes hervorgeht, können selbst Formveränderungen durch Gase hervorgebracht werden.

Zwischen den rothen Blutkörperchen findet man in wechselndem Verhältnisse farblose kuglige Körperchen von doppelter Größe, die deutlich aus einer äußeren durchsichtigen, sehr zarten Hülle, und einer innern Kernermasse bestehen, welche letztere bald zu einem Kerne zusammengeballt, bald mehr zerstreut im Innern der Hülle liegt. Beim Frosche kann man diese farblosen Blutkörperchen in den Capillargefäßen der durchsichtigen Schwimmhaut zwischen den anderen cirkuliren sehen. In ihrem äußeren Ansehen, in ihrem Verhalten gegen fremdartige Einwirkungen gleichen diese farblosen Körperchen durchaus denjenigen, welche man in der Lymphe findet, und es unterliegt keinem Zweifel, daß diese Lymphkörperchen stets mit der Lymphe in das Blut ergossen, und so den gefärbten Blutkörperchen beigemengt werden.

Das Plasma oder die Blutflüssigkeit bildet eine klare, durchsichtige, ungefärbte Flüssigkeit, die so klebricht ist, daß sie sich zwischen den Fingern in dünne Fäden ziehen läßt. Es enthält diese Flüssigkeit eine große Anzahl von Stoffen aufgelöst, und wechselt, wie leicht begreiflich, in ihrer Zusammensetzung bedeutend, je nach der Aufnahme verschiedener Stoffe in die Blutmasse. Die klebrige Beschaffenheit der Blutflüssigkeit rührt hauptsächlich von Eiweiß her, welches in reichlicher Menge darin aufgelöst ist, und in keiner Weise chemisch sich von dem Eiweiße der Hühnereier unterscheidet. Ein zweiter Bestandtheil der Blutflüssigkeit, der durch seine besonderen Eigenschaften noch mehr in die Augen fällt, als das Eiweiß, ist der Faserstoff oder das Fibrin, der zwar in dem lebenden Plasma aufgelöst ist, aber fast unmittelbar gerinnt und sich ausscheidet, sobald das Blut aus der Ader gelassen wird oder auch nur längere Zeit in den Adern stockt. Eiweiß wie Faserstoff gehören einer merkwürdigen Gruppe zusammengesetzter organischer Stoffe an, welche man mit dem Namen der Blutbildner bezeichnen kann, und die sowohl im Pflanzen- als im Thierreiche weit verbreitet sind. Alle diese Stoffe, zu welchen als drittes wesentliches Glied der sogenannte Käsestoff gehört, welcher ebenfalls in der Blutflüssig-

keit, wenn auch nur in äußerst geringer Menge vorhanden ist, alle diese Stoffe, sage ich, besitzen nahe übereinstimmende Eigenschaften. Jeder derselben kommt in einer löslichen und unlöslichen Modifikation vor. Ihre Zusammensetzung, ohne vollkommen identisch zu sein, nähert sich doch bedeutend, und ihre Zersetzungsprodukte sind oft identisch. Wenn gleich die Ansicht, wonach man glaubte, daß diese Stoffe Verbindungen eines organischen, aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff zusammengesetzten Körpers, einer organischen Basis, die man Proteïn nannte, mit verschiedenen Mengen von Schwefel und Phosphor seien; wenn gleich diese Ansicht längst gefallen ist, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß diese Stoffe viele Beziehungen zu einander haben, und sich namentlich mit größter Leichtigkeit umtauschen und einer in den anderen verwandeln können. Faserstoff, Eiweiß und Käsestoff unterscheiden sich übrigens leicht durch ihr Verhalten. Man kennt kein anderes Lösungsmittel des Faserstoffes in unzersetztem Zustande, als das im lebenden Körper kreisende Blut; — nach dem Tode, nach dem Ausflusse des Blutes aus den Gefäßen scheidet sich der Faserstoff durch die Gerinnung aus. Das Eiweiß dagegen löst sich leicht im Wasser, gerinnt aber, sobald man dieses über 60 Grad R. erhitzt, und läßt sich durch Kochen vollständig ausscheiden. Der Käsestoff endlich bleibt bei jeder Temperatur im Wasser gelöst, er gerinnt aber durch Zusatz von Säuren oder von Lab (Schleimhaut des Kälbermagens) und schlägt sich in Flocken nieder.

Sobald das Blut aus der Ader gelassen ist, so gerinnt es. Diese Gerinnung ist allein in dem Faserstoffe begründet, der sich meist in der Form von kleinen mikroskopischen Schollen und Blättchen aus dem Plasma niederschlägt und anfangs alle Flüssigkeit und alle Blutkügelchen in sich einschließt, so daß das Blut im Ganzen eine gelatinöse, weiche Masse bildet. Nach einiger Zeit aber, bei fortdauernder Contraktion des Faserstoffes, preßt sich die Flüssigkeit nach allen Seiten heraus und dieser Prozeß dauert so lange fort, bis sich das gesammte Blut in zwei Theile geschieden hat: eine gelbliche Flüssigkeit, das Blut-

wasser oder Serum, und ein rothes, halbfestes Gerinnsel, der Blutkuchen oder Cruor. Verhindert man mittelst heftigen Schüttelns, Schlagens oder Quirlens des Blutes die Einschließung der Blutkügelchen durch den gerinnenden Faserstoff, so bildet sich kein Blutkuchen; — der Faserstoff setzt sich in Fäden und unregelmäßigen, weißlichen Flocken an die Stäbchen an, womit man das Blut schlägt und kann auf diese Weise vollständig aus dem Blute entfernt werden. Alle Blutkörperchen bleiben in Folge dieser Operation mit dem Serum zurück. Bei längerem Stehenlassen der rothen, ihres Faserstoffes beraubten Blutflüssigkeit, senken sich indeß die Blutkörperchen zu Boden und das helle gelbliche Serum schwimmt oben auf. Der Akt der Gerinnung ist demnach weiter nichts, als eine Ausscheidung des Faserstoffes aus dem Plasma. Das Serum ist entfaserstofftes Plasma, der Blutkuchen das Resultat der Verbindung des Faserstoffes mit den Blutkügelchen.

Auf welchem chemischen Prozesse die Gerinnung des Blutes beruhe, ist eine noch unerledigte Frage. So viel scheint gewiß, daß die Berührung mit dem Sauerstoffe der Luft den wesentlichsten Einfluß darauf habe, daß sie aber nicht die einzige Ursache dieses annoch räthselhaften Vorganges sei. Viele Substanzen, namentlich concentrirte Salzlösungen, hindern die Gerinnung ganz, andere verzögern sie.

Die Blutkörperchen sind spezifisch schwerer, als das Plasma; sie sinken in demselben zu Boden. Die Gerinnung des Blutes tritt aber meist so schnell ein, daß die Blutkörperchen keine Zeit haben, sich zu senken, weßhalb dann das ganze Blut zu einer gleichförmig rothen Masse gesteht. In sehr faserstoffhaltigem Blute aber verbinden sich die Blutkörperchen schnell zu Säulchen und Geldrollen; sie senken sich in diesem Zustande weit schneller, weil sie durch ihre Verbindung weniger Fläche darbieten und somit auch der Widerstand der Flüssigkeit gegen ihren Fall geringer ist. Der an der Oberfläche des Blutes gerinnende Faserstoff schließt dann keine Blutkörperchen ein; die rothe Farbe fehlt ihm demnach, er ist gelblich, fast ungefärbt und bildet eine

hautartige Ausbreitung auf der Oberfläche des Blutkuchens, die Speckhaut. Es ist eine bekannte Sache, daß diese Speckhaut sich stets auf stark faserstoffhaltigem Blute findet, bei entzündlichen Krankheiten, Schwangeren u. s. w., und daß ihre Bildung nicht auf einer zeitlichen Verzögerung der Gerinnung, sondern auf der durch die Säulchenverbindung bedingten schnelleren Senkung der Blutkörperchen beruht.

Sucht man die einzelnen Bestandtheile, welche das Blut enthält, nach den Substanzen zu ordnen, die man auf mechanische Weise durch das Mikroskop oder die Gerinnung unterscheiden kann, so erhält man folgende Resultate. Die Blutkörperchen bestehen ihrer größten Masse nach aus einem im Wasser löslichen eiweißartigen Körper, der mit dem Eiweißstoffe der Krystalllinse des Auges identisch ist und Globulin oder Krystallin genannt wurde. Dieser Stoff, der 1,1 Prozent Schwefel, aber keinen Phosphor enthält, findet sich nur in den Blutkörperchen, und seine absolute Menge beträgt auf 1000 Theile Blut etwa 125,6. Mit ihm ist in innigster Verbindung der rothe Farbestoff des Blutes, das Blutroth oder Hämatin, dessen Menge man auf 7,32 auf 1000 Theile Blut anschlagen kann und der namentlich dadurch merkwürdig ist, daß er die einzige Substanz des Körpers ist, welche Eisen in ziemlich bedeutender Menge enthält. Dieses Eisen ist ein nothwendiger Bestandtheil der Blutkörperchen. Die Bleichsucht beruht wesentlich auf dem Mangel dieses Metalles und wird durch seine Einführung in das Blut geheilt. Außer dem Eisen enthalten die Blutkörperchen noch von unorganischen Substanzen besonders Kali und Phosphorsäure, die sich in der Asche wiederfinden, und eine ziemliche Quantität verseiften Fettes, das man in mehrere Fette zerlegt hat.

Wir sahen so eben, daß das Serum des geschlagenen Blutes sich von der Blutflüssigkeit nur durch den Mangel des Faserstoffes unterscheidet. Die absolute Menge des Faserstoffes in 1000 Theilen Blut beträgt aber nicht mehr als 2,7, während der Eiweißgehalt im Durchschnitte 71,38 Theile beträgt. Da bei einem gesunden Blute der Faserstoff bei dem Gerinnen

sämmtliche Blutkügelchen in sich faßt, um mit ihnen den Blutkuchen zu bilden, so ist es ziemlich leicht, diese Eigenschaft zu benutzen, um durch dieselbe zu einer annähernden Schätzung der einzelnen Blutbestandtheile zu gelangen. Theilt man die bei einem Aderlasse erhaltene Blutmenge in zwei Theile und läßt die eine Hälfte ohne weitere Behandlung gerinnen und einen Blutkuchen bilden, während man die andere Hälfte quirlt und so den Faserstoff allein abscheidet, so braucht man nachher nur die Gewichte des ausgepreßten und getrockneten Faserstoffes zu bestimmen, um alle Elemente der Rechnung zu besitzen. Durch Subtraktion des Faserstoffgewichtes von dem Gewichte des Blutkuchens erhält man das Gewicht der Blutkörperchen. Ein gesundes Blut auf diese Weise behandelt, würde in 1000 Theilen einen Blutkuchen von 135 Theilen und 865 Theile Serum liefern. Durch Schlagen würde man daraus etwa 3 Theile Faserstoff erhalten, durch Kochen des Serums etwa 71 Theile Eiweiß. Wir würden demnach durch diese einfachen Operationen den ungefähren Gehalt des Blutes an Blutkörperchen, Faserstoff und Eiweiß erfahren, und aus der nach dem Kochen überbleibenden Flüssigkeit bei weiter fortgesetzter chemischer Behandlung noch die aufgelösten Salze und sonstigen Bestandtheile ermitteln können.

Diese letzteren, wenngleich in ihrer Menge gegen die übrigen Blutbestandtheile sehr zurückstehend, erscheinen dennoch von bedeutender Wichtigkeit für den Haushalt des Körpers. Manche dieser Stoffe sind nur deßhalb in so geringer Menge im Blute vorhanden, weil sie von den Drüsen beständig ausgeschieden werden; — andere gehen im Umschwunge des Kreislaufes zu Grunde und lassen sich deßhalb eher in dem Blute der einen als der anderen Adern nachweisen. So findet sich in der Blutflüssigkeit stets eine äußerst geringe Quantität von Käsestoff, von Harnstoff, von Gallenfarbstoff, von Traubenzucker, von Gallenfett und verschiedenen anderen verseiften und nicht verseiften Fetten. Nach der Ausrottung der Nieren nimmt der Harnstoffgehalt im Blute bedeutend zu, bei gehemmter Absonderung

der Galle und gestörter Lebensthätigkeit häuft sich der Gallenfarbstoff so sehr in dem Blute an, daß er endlich in den Geweben des Körpers abgesetzt wird und die Gelbsucht erzeugt. Dies sind also Stoffe, welche in dem Körper erzeugt und durch die Drüsen beständig abgeschieden werden, während Käsestoff und Zucker vom Darmkanale aufgenommen und letzterer wenigstens größtentheils in den Lungen zu Grunde geht, so daß er nur in dem venösen, nicht aber in dem hellrothen Blute gefunden werden kann.

Die anorganischen Bestandtheile, die man als Asche beim Verbrennen wiederfindet, sind durchaus eben so wichtig für den Haushalt des Körpers, als die organischen. Der Mensch kann eben so wenig ohne Kochsalz und phosphorsaure Salze leben, als ohne Eiweiß oder Fett. Die meisten Salze aber finden sich in dem Serum des Blutes aufgelöst. Kochsalz wiegt unter ihnen an Menge vor. Ihm zunächst stehen kohlensaure und phosphorsaure Alkalien, und zwar sind die anorganischen Bestandtheile so vertheilt, daß Phosphorsäure und Kali vorzugsweise in den Blutkörperchen, die Chlormetalle, das Natron, der Kalk und die Bittererde, Schwefelsäure und Kohlensäure dagegen in der Blutflüssigkeit enthalten sind. Die Menge und das Verhältniß der anorganischen Stoffe zu einander wechselt indeß außerordentlich, je nach der augenblicklichen Einsaugung und den entsprechenden Ausscheidungen. Brod und Körnernahrung vermehren die Menge der phosphorsauren Alkalien im Blute, Gemüse dagegen diejenige der kohlensauren Salze, indem die meisten organischen Pflanzensäuren beim Uebergange in das Blut sich in Kohlensäure verwandeln.

Vergleicht man die Zusammensetzung des Blutes im Ganzen mit derjenigen des Körpers, so wird man durch die Aehnlichkeit der Bestandtheile beider überrascht. Die Hauptorgane des menschlichen Körpers bestehen aus Eiweiß, Faserstoff und Fett, die sämmtlich in dem Blute nachgewiesen sind, und die Modifikationen dieser Stoffe, die wir in dem lebenden Körper finden, scheinen sämmtlich aus den im Blute vorhandenen Bestandtheilen

hervorgehen zu können. Die Auswurfsstoffe fehlen ebenfalls nicht und die feuerbeständigen Stoffe der Asche sind ihren Elementen nach im Körper und im Blute gleich. Man kann demnach mit Recht sagen, daß das Blut der aufgelöste Organismus sei. Wir werden in der Folge sehen, wie in der That alle Stoffumwandlungen des Körpers in dieser beständig kreisenden Flüssigkeit ihren Mittelpunkt finden, wie alles, was der Körper aufnimmt, durch das Blut an den Ort seines Verbrauches hingeschafft, alles, was er ausscheidet, ebenfalls an die Stelle der Aussonderung gebracht wird, und wie auf diesem Wege theils in der Blutmasse selbst, theils in den Organen, welche von ihr durchlaufen werden, die mannichfaltigsten Metamorphosen Platz greifen, deren Erforschung zum größten Theile noch eine Aufgabe der Wissenschaft ist. Es darf demnach nicht verwundern, wenn die mannichfaltigsten individuellen und temporären Verschiedenheiten in der Blutmischung sich nachweisen lassen, da man diese gleichsam als von drei verschiedenen Faktoren abhängig ansehen kann : von der individuellen Beschaffenheit, von der Aufnahme fremder Stoffe und von der Ausscheidung unnütz gewordener Substanzen. Daß das Ineinanderspielen dieser drei Einflüsse die vielfachsten Wechsel erzeugen und somit der Untersuchung die mannichfaltigsten Hindernisse entgegenstellen müsse, ist klar. Vermehrt werden aber diese Hindernisse noch durch die Schwierigkeit und Länge der Untersuchung an sich und durch die Unzulänglichkeit der Mittel, welche die Chemie besitzt, wenn es sich darum handelt, kleine Mengen von Stoffen nachzuweisen, die keine wesentlich charakteristische Reaktion besitzen. Wenn man bedenkt, daß die ungemein kleine Menge von Kuhpockengift, welche beim Impfen in die Blutmasse gebracht wird, in dieser eine so heftige Revolution bewirkt, daß Entzündung, Fieber, allgemeine Krankheit des ganzen Körpers, Ausschlag und Pockenbildung die unmittelbare, und eine, Jahrelang andauernde Veränderung der Empfänglichkeit für die Pockenansteckung die mittelbare Folge dieses unbedeutenden Eingriffes sind; wenn man andrerseits bedenkt, daß die Menge des so

eingebrachten Stoffes so gering, so verschwindend klein und die dadurch bewirkte Veränderung der Blutmasse so unbedeutend ist, daß weder Mikroskop, noch chemisches Reagens bis jetzt darüber haben Auskunft ertheilen können, so muß man sich gestehen, daß trotz aller unserer mühevollen Untersuchungen es bis jetzt noch nicht gelungen ist, die Vorgänge und Veränderungen, welche im Innern der Blutmasse Statt finden, wissenschaftlich klar darzulegen.

Die spezifischen Unterschiede der beiden Blutarten, nämlich des arteriellen oder hellrothen und des venösen oder dunklen Blutes, beruhen hauptsächlich auf der Farbe und auf der Menge der einzelnen Bestandtheile. Formverschiedenheiten zwischen den Blutkörperchen dieser beiden Blutarten haben selbst die gewiegtesten Mikroskopiker noch nicht mit Sicherheit entdecken können; der einzige dem bloßen Auge sogleich auffallende sichere Charakter ist die Farbe. Selbst in sehr verdünnter Lösung zeigt sich die Verschiedenheit der Nüancen noch deutlich. Das hellrothe Blut gerinnt schneller und sein Blutkuchen wird fester, als derjenige des venösen; das hellrothe Blut ist um 1° R. wärmer als das venöse. Das spezifische Gewicht des arteriellen Blutes ist auffallender Weise, den übereinstimmenden Beobachtungen der meisten Forscher zu Folge, geringer als dasjenige des dunkelrothen Blutes, eine Erscheinung, die mit dem größeren Wassergehalte des arteriellen Blutes zusammenhängt. In der That fand man bei einer vergleichenden Analyse des Pferdeblutes in 1000 Theilen Blut folgende Verhältnisse:

	Venöses Blut	Arterielles Blut
Eiweiß und Salze . .	81,23	78,03
Faserstoff	4,97	5,30
Blutkörperchen . . .	98,67	96,87
Wasser	815,13	819,80

Vergleicht man diese Zahlen unter einander, so findet man, daß das Verhältniß der Blutkörperchen und des Eiweißes zum Wasser etwa dasselbe in beiden Blutarten ist, daß aber nicht nur die relative, sondern auch die absolute Menge des Faser-

stoffes im arteriellen Blute bedeutender ausfällt. Wir müssen diese Resultate hinnehmen, so wie sie die Chemie uns gibt; allein es ist nicht zu verkennen, daß sie mit den Ergebnissen des Athmungsprozesses nur schlecht im Einklang stehen. Diesem zu Folge sollte das arterielle Blut weniger Wasser enthalten, concentrirter sein, als das venöse, da in dem Athmungsprozesse Wasser ausgeschieden wird. In der That geben auch einige Chemiker das arterielle Blut als concentrirter und weniger wässerig an, als das venöse; allein die Mehrzahl widerspricht dieser Behauptung. Vielleicht hängt der größere Wassergehalt des arteriellen Blutes von der Zufuhr der Lymphe ab; diese ist bekanntlich viel wässeriger als das Blut, und da sie sich unmittelbar von dem Herzen in den venösen Strom ergießt, so betreffen die an venösem Blute angestellten Untersuchungen nur solches Blut, welchem sich die Lymphe noch nicht beigemischt hat.

Der Gehalt an Gasen, welche in dem Blute enthalten sind, scheint sehr nach den Umständen zu wechseln. In einem späteren Briefe werden wir genauer zu bestimmen suchen, an welche Bestandtheile des Blutes diese Gase gebunden sind; hier genügt es zu wissen, daß man durch die Luftpumpe sowohl, als auch durch Schütteln mit indifferenten Gasarten aus dem Blute Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff entwickeln kann, und zwar in folgenden Verhältnissen.

1000 Vol. Blut geben :

	Pferdeblut		Kalbsblut	
	arterielles	venöses	arterielles	venöses
Kohlensäure . .	70,2	47,0	71,0	55,6
Sauerstoff . . .	25,0	12,0	28,1	9,6
Stickstoff . . .	9,9	7,0	18,1	6,4
	105,1	66,0	117,2	71,6

Es geht aus einer einfachen Vergleichung hervor, daß das arterielle Blut im Ganzen bei weitem mehr Gase enthält, als das venöse, und daß außerdem zwar die relative Menge des

Sauerstoffs bedeutend erhöht sei, dagegen auch die absolute Kohlensäuremenge bedeutender ausfalle, als im venösen Blute; ein Resultat, welches freilich leider eben so wenig mit den aus den chemischen Bedingungen des Athmungsprozesses hervorgehenden Thatsachen stimmt, als der Wassergehalt der beiden Blutarten. Jedenfalls ist die Untersuchung des Gasgehaltes des Blutes eine der schwierigsten in der organischen Chemie und die Sicherheit der dadurch zu gewinnenden Resultate bei weitem nicht so groß, als die aus der Untersuchung der Athmungsprodukte hervorgehenden Folgerungen.

Das Verhältniß der Gase zum Blute ist sehr eigenthümlich und höchst wichtig zum Verständniß des Athmungsprozesses. Sauerstoff mit dunklem Blut geschüttelt, färbt dasselbe hochroth und entbindet Kohlensäure; Kohlensäure mit arteriellem Blute geschüttelt, färbt dessen rothe Farbe dunkel und wird verschluckt, aber ohne daß Sauerstoff entbunden würde. Durch Schütteln des so dunkel gefärbten Blutes mit Sauerstoff wird die hochrothe Farbe wieder hergestellt.

Nach Jahre lang fortgesetzten Streitigkeiten über die Ursache dieser Farbenveränderungen scheint es endlich festgestellt zu sein, daß die dunkle Farbe, wie sie in dem venösen Blute sich zeigt, die natürliche des Blutfarbestoffes ist, die durch Anwesenheit oder Abwesenheit von Kohlensäure nicht im Mindesten verändert wird, während im Gegentheile der Sauerstoff augenblicklich die Veränderung der dunkeln Nüance in die hellrothe bewirkt.

So wie das Blut in stetem Kreislaufe, in beständigem, mechanischem Umschwunge durch den Körper sich befindet, so ist es auch in gleicher Weise in stetem Wechsel der Bestandtheile, in continuirlicher Umbildung, Zersetzung und Erneuerung begriffen. Schon an den Blutkörperchen selbst hat man die mannichfachsten Anzeigen beständiger Umbildung wahrzunehmen geglaubt. Die Einen werden sehr schnell von Reagentien angegriffen, während die Anderen, welche daneben liegen, nur sehr langsam der Zerstörung nachgeben; hier sieht man, in ganz gesundem Blute,

einzelne aufgeschwollene, scheinbar in Auflösung begriffene Körperchen; dort andere, in deren Innerem körnige Bildungen, Krümchen oder Kerne auf eine niedere Stufe oder Bildung deuten, während wieder andere, ohne Kerne, auf der höchsten Stufe der Entwickelung angekommen zu sein scheinen; in manchen Organen, wie namentlich in der Milz, findet man Blutkörperchen in Zellen eingeschlossen, in mancherlei Stufen der Auflösung oder Neubildung.

Die Neubildung des Blutes ist hauptsächlich durch ein sekundäres Gefäßsystem bedingt, welches mit dem Blutgefäßsysteme im Zusammenhang steht, und das man das Lymphsystem genannt hat. In allen Theilen des Körpers, mit Ausnahme der Knochen und des Gehirnes, finden sich feine, dünnwandige Kanäle, welche mit blinden Enden oder mit maschenförmigen Netzen in dem Gewebe beginnen, sich allmählich zu Stämmen zusammensetzen, die meist den Hauptblutgefäßen folgen, und endlich in einem großen Hauptstamm, dem Milchbrustgang, sich sammeln. Der Milchbrustgang läuft längs der Wirbelsäule im Innern der Brusthöhle hinan und ergießt sich in die linke Schlüsselbeinvene. Die Lymphgefäße zeichnen sich durch mehrere Eigenthümlichkeiten vor den Blutgefäßen aus. Vor allen Dingen enthalten sie eine so große Anzahl von inneren Klappen, daß sie meist, nach der Einspritzung, wie Perlschnüre aussehen. Außerdem sind ihre Wände dünner und die Zweige nur selten zu einzelnen Stämmen gesammelt. Selbst die größeren Stämme bilden mehr netzförmige Räume und nehmen sich etwa aus, wie ein mit reichlichen Inseln versehener Fluß. Außerdem sind die contraktilen Ringfasern in ihren Wänden bedeutend entwickelt und meist in verhältnißmäßig weit größerer Thätigkeit, als in den Blutgefäßen. Sie reagiren durch Zusammenziehung sehr intensiv auf äußere Reize, und es ist nicht selten, bei Operationen an lebenden Thieren Zusammenziehungen des Milchbrustganges und der größeren Lymphgefäße zu sehen. Diese Ringfasern sind indeß auch der einzige mechanische Apparat an den Lymphgefäßen zur Fortschaffung des

flüssigen Inhaltes. Bei dem Blutgefäßsystem ist der mechanische Apparat auf einen einzigen Centralpunkt, das Herz, zusammengezogen; bei den Lymphgefäßen sind die bewegenden Momente über den ganzen Verlauf verbreitet. Von Stelle zu Stelle, von der Peripherie gegen den Milchbrustgang hin fortschreitend, ziehen sich die Ringfasern zusammen und pressen die in dem Lymphgefäße enthaltene Flüssigkeit nach beiden Richtungen hin aus. Allein dem Ausweg gegen die Peripherie hin stellen sich die zahlreichen Klappen entgegen; die Flüssigkeit wird demnach gegen den Milchbrustgang hingetrieben. Sobald die Zusammenziehung nachgibt und das Gefäß sich öffnet, so strömt natürlich von der Peripherie her wieder neue Lymphe ein, die durch eine neue Contraktion wieder weiter geschafft wird.

Unstreitig ist indeß diese selbstständige Zusammenziehung der Lymphgefäße nicht das einzig wirksame Moment zur Fortbewegung ihres Inhaltes. Man hat die Bemerkung gemacht, daß in starren Theilen, die keiner selbstständigen Bewegung fähig sind, keine Lymphgefäße vorkommen, während sie da, wo Muskelcontraktion und räumliche Wechsel aller Art sich finden, in großer Anzahl vorhanden sind. Der abwechselnde Druck der umgebenden Theile wirkt gewiß ganz in derselben Weise, wie die selbstständige Contraktion. Er treibt die Flüssigkeit vorwärts und bei seinem Aufhören strömt wieder neue aus der Peripherie ein, welche, der Stellung der Klappen nach, bei erneuertem Drucke weiter befördert wird.

Die Anfänge der Lymphgefäße im Gewebe sind noch nicht so bekannt, wie es wünschbar wäre. Die Anordnung der Klappen, welche bis in die feinsten Aeste hin sich erhält, macht jede feinere Einspritzung der letzten Zweiglein außerordentlich schwierig, und unter dem Mikroskope gelingt es bei der hellen Farbe der darin eingeschlossenen Flüssigkeit nicht leicht, die feinsten Lymphgefäße aufzufinden und in ihrem Verlaufe zu verfolgen. In den Zotten des Darmkanales beginnen die Lymphgefäße jedenfalls mit einem einfachen oder gespaltenen Stamme, der gewöhnlich ein kolbiges Ende zeigt; in anderen Organen, wie namentlich

an der Leberoberfläche, zeigen sich weitmaschige Netze, aus Gefäßchen bestehend, die einen weit bedeutenderen Durchmesser haben, als die Capillaren der Blutgefäße.

Eine weitere Eigenthümlichkeit der Lymphgefäße besteht in den zahlreichen sogenannten Drüsen, durch welche sie hindurchgehen. Diese Gebilde, welche sich namentlich am Halse, in der Achselgrube und der Schenkelbeuge, sowie in dem Gekröse des Darmes in sehr großer Menge vorfinden, bestehen aus kleinen, meist etwa Haselnuß großen, bohnenförmigen halbfesten Körpern, innerhalb deren sich die Lymphgefäße in eine Menge verwickelter Zweige auflösen, die vielfach unter einander zusammen münden, eine nur sehr dünne äußere Haut haben und seitliche Aussackungen zeigen, die mit Drüsensäckchen einige Aehnlichkeit haben. Welchen Zweck diese Verknäuelungen der Lymphgefäße, auf denen sich zahlreiche Blutgefäße verbreiten, haben, ist noch nicht ermittelt worden. Jedenfalls stockt die Fortbewegung der Lymphe in ihnen und deßhalb sind es auch diese Drüsen, welche vorzugsweise bei Einsaugung fauliger Substanzen, sowie in manchen Krankheiten, wie z. B. der Skrophelsucht, afficirt werden. Schon mancher Anatom hat eine kleine Verletzung, welche er sich bei der Sektion einer in der fauligen Zersetzung begriffenen Leiche zugezogen, mit den heftigsten Entzündungen und Vereiterungen der Achseldrüsen büßen müssen.

Der Beschaffenheit der Flüssigkeit nach, welche in den Lymphgefäßen nach dem Venensystem zugeleitet wird, unterscheidet man zwei Arten von Saugadern : die eigentlichen Lymphgefäße mit klarem, hellem, durchsichtigem Inhalte, welche aus allen Theilen des Körpers stammen, und die Chylus- oder Milchgefäße, welche von dem Darmkanal ausgehen, und sich durch ein meist trübes, milchiges Ansehen der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit auszeichnen.

Die Lymphe selbst, welche man schon in einigen seltenen Fällen aus Wunden am Fußrücken in ziemlich reichlicher Menge sammeln konnte, bietet in morphologischer und chemischer Hinsicht viel Aehnlichkeit mit dem Blute dar. Sie gerinnt wie dieses und bildet, indem ihr Faserstoff die in ihr enthaltenen

Körperchen umhüllt und einschließt, einen Kuchen wie das Blut, der nur dadurch sich unterscheidet, daß er farblos ist. Es schwimmen in ihr Körperchen, welche mit den farblosen Körperchen, die man im Blute in geringer Anzahl findet, identisch sind, und an denen man deutlich einen Kern und eine Schale unterscheiden kann; sie sind bedeutend größer als die Blutkörperchen.

Der Chylus oder Milchsaft unterscheidet sich nur durch seinen bedeutenden Gehalt an Fett von der Lymphe. Dies Fett ist in kleinen Tröpfchen oder Kügelchen in ihm abgelagert, und der Chylus erhält dadurch ein emulsionsartiges Ansehen. Die Menge dieses Fettes richtet sich durchaus nach der Nahrung. Bei hungernden Thieren ist der Chylus blaß, selbst ganz durchsichtig; bei Genuß von stärkemehlhaltigen Substanzen wenig trübe, mehr noch nach Fleisch und Milch, völlig weiß und undurchsichtig nach Genuß von Butter.

Je näher der Chylus und die Lymphe dem Blutgefäßsysteme kommen, desto ähnlicher werden sie auch dem Blute selbst, ohne indeß dessen Zusammensetzung gänzlich zu erreichen. Die Körperchen selbst, sowie die Flüssigkeiten werden allmählich röthlich, und namentlich scheint die Milz wesentlich zu dieser Röthung der Lymphe beizutragen. Indeß wandeln sich die Lymphkörperchen innerhalb des Milchbrustganges noch nicht in vollkommene Blutkörperchen um, eben so wenig als der Chylus selbst in seiner Zusammensetzung dem Blute gleicht. Eine nähere Vergleichung der Analysen beider Flüssigkeiten gibt die Unterschiede deutlich zu erkennen.

In 1000 Theilen	Pferd		Katze	
	Blut	Chylus	Blut	Chylus
Faserstoff	2,80	0,75	2,40	1,3
Körperchen	92,80	4,00	115,90	
Eiweiß	80,00	31,00	61,00	48,9
Extractivstoffe	5,20	6,25		
Fett	1,55	15,00	2,70	32,7
Chlornatrium	—	—	5,37	7,1
Alkalisalze	6,70	7,00	1,63	2,3
Erdsalze	0,25	1,00	0,49	2,0
Eisenoxyd	0,70	Spuren	0,51	Spuren
Wasser	810,00	935,00	810,00	905,7

Die Unterschiede beider Flüssigkeiten springen in die Augen. Während der Chylus im Ganzen wasserhaltiger ist, als das Blut, so bieten die relativen Faserstoff- und Eiweißmengen nur geringe Verschiedenheiten dar; die in dem Blute enthaltenen Körperchen dagegen werden in dem Chylus durch eine bedeutende Menge von Fett gewissermaßen ersetzt. Auch die Extraktivstoffe wiegen in dem Chylus bedeutend vor und ebenso sind die Salze relativ in weit bedeutenderer Menge im Chylus als in dem Blute vorhanden. Der Milchsaft bietet demnach eine beständige Ersatzquelle des Faserstoffes und Eiweißes, während er zugleich einen Ueberschuß von Fett, Salzen, Extraktivstoffen und Wasser in das Blut überführt. Noch mehr als der Chylus nähert sich die Lymphe, da sie weit weniger Fett enthält, in ihrer Zusammensetzung dem Blute. Sie ist eine verdünnte Blutflüssigkeit, in welcher im Verhältniß zum Eiweiß und Fett die löslichen Salze und Extraktivstoffe vorwalten.

Berücksichtigt man nun, daß die Lymphe und der Chylus in unmittelbarer Nähe des Herzens in die Schlüsselbeinvene ergossen werden und nur das rechte Herz und die Lungen zu durchlaufen haben, um in den arteriellen Blutstrom zu kommen, so läßt sich schon a priori das wahrscheinliche Schicksal der einzelnen Bestandtheile des Chylus und der Lymphe errathen. Das überschüssige Wasser dunstet theils in den Lungen aus, theils wird es in den Nieren abgeschieden. Die Lymphkörperchen bilden sich im Blutstrome allmählig zu Blutkörperchen um; die überschüssigen Salze werden in den Nieren, dem Sekretionsorgan der salzigen Bestandtheile, entfernt, Faserstoff und Eiweiß bleiben in dem Plasma und ersetzen die demselben durch die Ernährung der Theile zugefügten Verluste. Das Fett löst sich großen Theils im Plasma auf und wird von diesem an bestimmten Orten abgesetzt.

Die Abhängigkeit, in welcher die Bildung des Chylus von der Art der Nahrung steht, ist so groß, daß man mit vollem Rechte zur Aufstellung des Satzes berechtigt ist, daß der Chylus zweier gleich genährter Thiere aus verschiedenen Gattungen nicht

so verschieden ist, als derjenige zweier ungleich genährter Thiere derselben Gattung. Es beweist dies auf das Bestimmteste, daß den aufsaugenden Milchgefäßen des Darmes keine Auswahl unter den ihnen dargebotenen Stoffen des Darminhaltes frei steht, sondern daß sie aufnehmen, was gerade absorptionsfähig ist. Stände ihnen eine Auswahl zu, so würde die Qualität des Milchsaftes nicht zu den Nahrungsmitteln in einem Abhängigkeitsverhältniß stehen, sondern vielmehr bei einer und derselben Thiergattung stets dieselbe Zusammensetzung haben, was, wie erwiesen ist, nicht statt hat. Da mithin der Chylus in so naher Wechselwirkung mit dem Blute und der Blutbereitung steht, so ist diese auch wieder durchaus von der Art der Ernährung abhängig, und es ist sonach von der größten Wichtigkeit für die Wohlfahrt des ganzen Körpers, daß die Aufnahme von Nahrungsmitteln den Bedürfnissen der Blutmasse gehörig angepaßt sei. Wir werden in einem der folgenden Briefe darzuthun versuchen, daß die Milchgefäße hauptsächlich die Regenerationsquelle des Blutplasma's bilden, daß demnach von ihnen die normale Ernährung des Körpers großen Theils abhängt, während trotz der starken, in den Blutgefäßen des Darmes thätigen Aufsaugung, diese weniger die normalen, als die zufälligen Bestandtheile des Plasma's aufnehmen.

Dritter Brief.

Die Verdauung.



Fig. 8. Der Rumpftheil eines weiblichen Körpers, senkrecht durchschnitten, um die Lage der Brust- und Bauch-Eingeweide zu zeigen.

a. das Herz. b. Bogen der Aorta. c. Gemeinschaftlicher Stamm der rechten Hals- und Schlüsselbeinschlagader. d. Linke Halsschlagader (Carotis). e. Linke Schlüsselbeinschlagader. f. Lungenschlagader. g. Lungenvene. h. Lungenfell. i. Herumschweifender Nerv (N. vagus). k. Zwerchfellsnerv. l. Linke Lunge. m, n, o. Zwerchfell. p. Linker Leberlappen. q. Mündung des Schlundes in den Magen (Cardia). r. Magen. s. Windungen des Dünndarms. t. Querdarm. u. Absteigender Theil des Dickdarmes. v. Biegung desselben w. Gebärmutter (Uterus). x. Harnblase. y. Mastdarm. z. Scheide α. Das Schambein (Os pubis) quer durchgesägt. β. Lendenwirbel. γ. Rückenwirbel, nach rechts davon das Rückenmark in dem Kanal der Wirbel und darauf die Darmfortsätze der Wirbel mit den Muskelmassen des Rückens. δ. Die vordere Brustwand. ε, ϑ, η. Die Muskelwand des Bauches.

Die Maschine des Organismus bedarf einer beständigen Speisung, einer steten Zuführung von Substanzen, aus welchen die im Umschwunge des Stoffwechsels zersetzten Theile und Gewebe wieder aufgebaut werden. Zu dieser Stoffaufnahme hat die Natur in dem thierischen Körper ein eigenthümliches Rohr geschaffen, welches in den höheren Thieren an beiden Enden geöffnet ist; einerseits um die zur Nahrung bestimmten Substanzen aufzunehmen, und am anderen Ende, um die Reste, welche nicht aufgenommen wurden, auszuwerfen. Dies Rohr heißt der Darmkanal oder Nahrungskanal. Seine äußeren Formen, so wie seine inneren Bildungen wechseln in größter Mannichfaltigkeit, je nach der Beschaffenheit der Nahrung und der Eigenthümlichkeit der Gattung. Im Allgemeinen besitzen fleischfressende Thiere ein kürzeres, weniger gewundenes Darmrohr, an welchem nur ein größerer Behälter, der Magen, angebracht ist; pflanzenfressende Thiere sind mit längerem, vielfach gewundenem Darmschlauche versehen, und nicht nur ist der Aufnahmebehälter, der Magen, öfter mehrfach vorhanden, sondern auch an anderen Stellen sind zuweilen seitliche Ausstülpungen, Blinddärme angebracht, in welchen die der Verdauung unterworfenen Nahrungsstoffe länger verweilen. Die innere Bildung des Darmrohres selbst ist, bei den höheren Thieren namentlich, nach einem und demselben Typus angelegt.

Man unterscheidet drei Schichten: die äußerste seröse oder Bauchfellschicht, die mittlere Muskelschicht und endlich die innere Schleimhautschicht, welche unmittelbar mit dem Inhalte des Darmes in Berührung steht. Die äußerste Schicht wird aus einer sehr glatten, schlüpferigen, sehnigen Haut gebildet, deren glänzende, stets feucht erhaltene Oberfläche das Gleiten der Darmstücke bei ihren Bewegungen sehr befördert. Diese Schicht ist eine Fortsetzung des die ganze Bauchhöhle auskleidenden Bauchfelles, das an der inneren Fläche der Wände der Bauchhöhle, am Zwerchfelle und der Rückenwirbelsäule befestigt ist und beim Ueberziehen des Darmes Duplikaturen bildet, an denen der Darm hängt, etwa wie die umgeschlagene Laufröhre an einem

Vorhange. Obgleich der Darm auf diese Weise in seiner ganzen Länge befestigt ist, so wird dennoch seinen Bewegungen ein weiter Spielraum gelassen, in dem das Gekröse, welches von den erwähnten Duplikaturen des Bauchfelles gebildet wird, vielfach zusammengefaltet ist. Die Bewegungen des Darmkanales gehen von der mittleren Muskelschicht des Darmrohres aus. Von dem Schlunde und Magen an zieht sich diese Schicht einfacher, dem Willen nicht unterworfener Muskelfasern bis zu dem Ende des Darmkanales fort. Ihrer großen Masse nach besteht diese Muskelschicht aus queren Muskelfasern, die ringförmig um das Darmrohr herumlaufen, und durch ihre, der Willkühr nicht unterworfenen Zusammenziehungen wellenförmig von oben nach unten fortschreitende Bewegungen veranlassen, welche die Physiologen mit dem Namen der peristaltischen Bewegungen zu bezeichnen gewohnt sind. An einzelnen Abtheilungen des Darmes, wie namentlich im Magen, findet man dagegen in mehrfacher Richtung sich kreuzende Muskelfasern, so daß die Bewegungen dieser Theile eine größere Mannichfaltigkeit besitzen. Während so die mechanische Funktion des Darmrohres, die Aufnahme, Fortbewegung und Ausstoßung der Nahrungsmittel, der Muskelschicht anheimfällt, ist die chemische Funktion wesentlich in der innersten Schleimhautschicht concentrirt. Durch diese Schicht werden verschiedene Säfte abgesondert, ohne deren Mitwirkung die Verdauung nicht zu Stande kommen könnte, und durch dieselbe Schicht werden alle Substanzen aufgenommen, die aus den Nahrungsmitteln in das Blut und in den Haushalt des Körpers übergeführt werden sollen. Die Bildung dieser Schleimhautschicht ist eine sehr verschiedene, je nach den verschiedenen Abschnitten des Darmes. In dem Magen finden sich fast nur cylindrische Drüsensäcke, einer neben den andern gestellt, wie hohle Pallisaden, die sogenannten Labdrüsen, welche vorzugsweise den Magensaft absondern. Gegen die Muskelschicht hin sind diese Labdrüsen kolbenförmig abgeschlossen. Die von ihnen abgesonderte Flüssigkeit bildet mit den abgestoßenen cylindrischen Zellen, welche ihre innere Fläche überziehen, einen zähen

Schleim, der sich nach und nach mit den Nahrungsmitteln auf das Innigste mengt. Schon auf der Pförtnerklappe des Magens, bei dem Uebergang in den Zwölffingerdarm, nimmt die im Magen sammetartig ebene Schleimhaut einen anderen Charakter an. Es erheben sich auf ihr kleine Falten, die stets höher, zuletzt cylindrisch oder zungenförmig werden, und die man in dieser Form die Darmzotten genannt hat. Diese Schleimhautzotten bestehen aus einer unbestimmt faserigen blassen Grundmasse, mit einem regelmäßigen Ueberzuge von cylindrischen Zellen, der sich fast wie ein Handschuhfinger abstreifen läßt. In der Achse der Zotte findet sich der Anfang des Lymphgefäßes, in der hellen, mit spindelförmigen Kernen durchsäeten Grundmasse verzweigen sich die Blutgefäße, welche meist aus einer kleinen Arterie stammen und in eine einzige Vene sich sammeln. Es umspinnen diese Blutgefäße die Zotte von allen Seiten, so daß man sich die Zotte im Ganzen etwa unter dem Bilde eines Fingers versinnlichen kann, der mit einem gestrickten Handschuh überzogen ist, so daß der Knochen dem in der Achse verlaufenden Milchgefäße, Fleisch und Haut dem Gewebe und der gestrickte Handschuh dem Blutgefäßnetze entsprechen wird. Die Schleimhautzotten haben nirgends Oeffnungen; alle Stoffe, welche durch sie aufgenommen werden sollen, können nur in flüssigem Zustande durch die auskleidende Zellenschicht hindurch in die Blutgefäße und in den im Centrum der Zotte befindlichen Lymphkanal gelangen. Aeltere Anatomen, welchen die Struktur der Zellen des thierischen Körpers noch unbekannt war, hielten die dunkeln Kerne dieser Zellen für Oeffnungen in den Zotten, und schlossen daraus, daß die Lymphgefäße mit offenen Enden die Stoffe aufsaugten; neue Untersuchungen haben die wahre Natur dieser dunkeln Punkte und die Struktur der letzten Enden der Lymphgefäße dahin aufgeklärt, daß die vermeinten Oeffnungen solide Kerne sind, welche in der das kolbige Ende des Lymphgefäßes umgebenden Masse der Zotte liegen.

Die Verdauung als solche, d. h. die Veränderung, welche die Speisen innerhalb des Darmrohres von der Mundhöhle an

bis zu ihrem Austritte erleiden, ist ein rein chemischer Prozeß, der, unter denselben Bedingungen außerhalb des Körpers wiederholt, ganz dieselben Resultate liefern würde. Es treten hier nicht, wie man so oft geglaubt hat, besondere vitale Kräfte ins Spiel, deren Analyse uns unmöglich ist; das Leben des Organismus ist nur insofern dabei thätig, als es die zu verdauenden Stoffe in der nöthigen Temperatur erhält, die zur Zersetzung dienenden Säfte und Reagentien liefert, die Filter zur Abscheidung der gelösten Substanzen herstellt und endlich die zur Fortschaffung der ungelösten Stoffe angewiesenen Kräfte in Anwendung bringt. Der Prozeß der Verdauung selbst aber ist der unmittelbaren Einwirkung des Organismus eben so gut entzogen, als jeder andere chemische Prozeß im Körper. Man hat schon oft darauf aufmerksam gemacht, daß die zur Verdauung vom Körper angestellten Operationen denen des Chemikers in vielen Beziehungen ähneln. Zuerst wird die Substanz zwischen den Zähnen zerkleinert, zerschnitten, zerrieben und mit einer fast indifferenten, sehr wässerigen Flüssigkeit, dem Speichel, gemischt. Nachdem sie so zur Einwirkung der verschiedenen lösenden Flüssigkeiten vorbereitet ist, wird sie in einer größeren Blase, dem Magen, dann in einem längeren Rohre, dem dünnen und dicken Darme, mit verschiedenen Säften ausgezogen, die Lösungen durch die Schleimhaut abfiltrirt und von Blut- und Lymphgefäßen aufgenommen, und der unbrauchbare Rest endlich, nach vollendeter Operation, weggeworfen.

Das Kauen und die dabei stattfindende Tränkung der Nahrungsmittel durch die Mundflüssigkeit, welche aus dem Mundschleime und der Absonderung der verschiedenen Speicheldrüsen zusammengesetzt ist, hat vor Allem nur den oben bezeichneten mechanischen Einfluß der Zerkleinerung und Einweichung. Der Speichel enthält nur außerordentlich wenig feste Bestandtheile, unter denen indeß ein äußerst kräftiger Gährungsstoff sich befindet, welcher gekochte Stärke oder Kleister fast unmittelbar in Zucker umsetzt. Diese gährungserzeugende Kraft des Speichels auf gekochte Stärke wird selbst durch die spätere Beimischung

des sauren Magensaftes nicht aufgehoben, die Umsetzung selbst aber wird befördert durch den Sauerstoff der Luft, von der beständig eine gewisse Quantität bei dem Kauen in den schleimigen Speichel eingeschlossen und dann beim Hinabschlucken in den Magen befördert wird. Wenn also die Speichelflüssigkeit einerseits das Hinabschlucken trockener Stoffe erleichtert und durch Verflüssigung der im Munde befindlichen Stoffe die Geschmacksempfindung vermittelt, so leitet sie andrerseits die Verdauung und Umsetzung der stärkemehlhaltigen Substanzen ein, welche immer weit schwieriger von Statten geht, als die des Fleisches und der übrigen blutbildenden Stoffe, wie z. B. des Faserstoffes und Eiweißes. Deßhalb sehen wir auch bei fleischfressenden Thieren das Kauen und die Einspeichelung nur sehr unvollständig geschehen; ihr Speichel selbst ist wässeriger und weniger schaumig. Pflanzenfresser dagegen haben Backzähne mit stumpfen breiten Kronen, zum Mahlen und Zerreiben tauglich, sie kauen die Nahrung vollständig und verwandeln sie schon im Munde mit Beihülfe eines schaumigen, sehr lufthaltigen Speichels in einen Brei, der sogar bei den Wiederkäuern zum zweiten Male aus dem Magen in die Mundhöhle heraufbefördert wird, um von Neuem zerkleinert und mit einer neuen Sauerstoffmenge durchknetet zu werden.

Der Bau der hinteren Theile des Mundes, des Gaumens und der Rachenhöhle ist vorzüglich darauf berechnet, den Bissen auf seinem richtigen Wege zu erhalten, und ihn weder nach oben in die hinteren Nasenöffnungen, noch nach vorn in den Kehlkopf und die Luftröhre ausweichen zu lassen. Das weiche Segel des Gaumens, das im Hintergrunde der Mundhöhle herabhängt, bildet gewissermaßen einen Teppichvorhang, den der Bissen wegdrängen und aufheben muß, um in den Schlund zu gelangen. Von der Seite her wirken die Gaumenbogen, welche man bei geöffnetem Munde sieht, durch ihr Zusammentreten. So von allen Seiten eingeschlossen und gedrängt, schlüpft der Bissen unter dem Gaumensegel durch und über den Kehldeckel weg in den Anfang des Schlundes, von wo er durch die

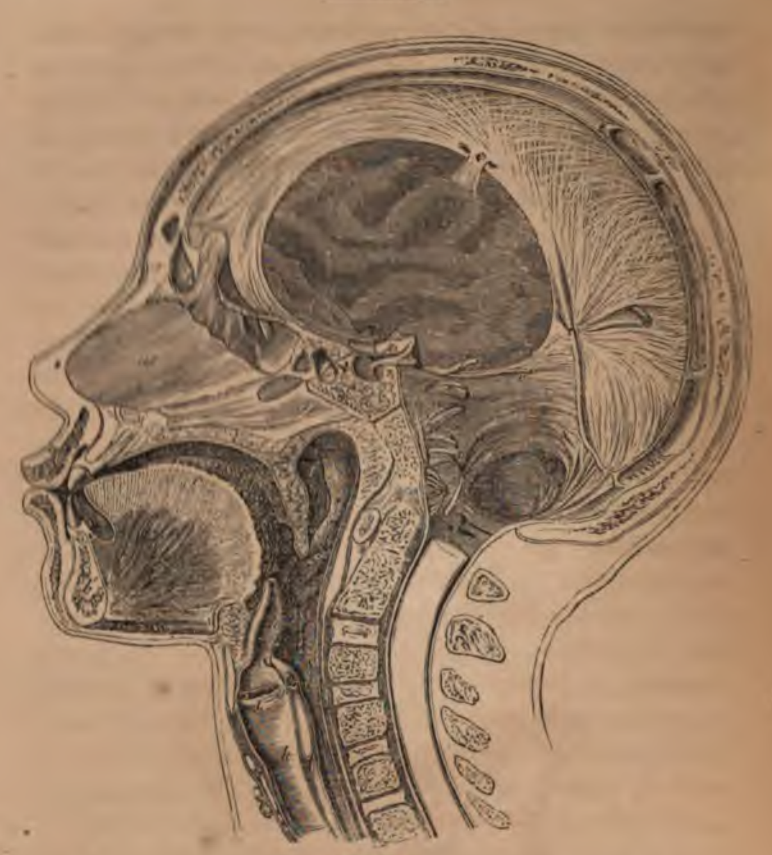


Fig. 9.

Längsdurchschnitt des Kopfes und oberen Halses in der Mittellinie.

a. Oberlippe. a'. Nasenscheidewand. b. Der knöcherne Gaumen, der die Nasenhöhle von der Mundhöhle trennt. c. Zunge. d. Der weiche Gaumen, der wie ein Segel zur Abscheidung der Rachen- und Nasenhöhle hinter der Zunge herabhängt. e. Das Zäpfchen. f. Die hintere Oeffnung der Nasenhöhle in die Rachenhöhle. g. Rachenhöhle. h. Kehldeckel. i. Stimmritze. k. Kehlkopf. l. Schlund. Die übrigen Buchstaben der Figur finden später ihre Erklärung.

Zusammenziehung der Muskelfasern abwärts in den Magen getrieben wird. Die Oeffnung der Stimmritze im Kehlkopfe bietet eine ganz besondere Schwierigkeit auf diesem Wege. Die

Rachenhöhle hinter dem Gaumensegel ist der Kreuzungspunkt des Luftweges und des Nahrungsweges. Das regelrechte, gesundheitsgemäße, ruhige Athmen geschieht durch die Nase bei geschlossenem Munde. Die Luft streicht durch die Nasengänge und die hinteren Nasenöffnungen in die Rachenhöhle, von da durch die Stimmritze in den Kehlkopf (den sogenannten Adamsapfel) und weiter durch die unmittelbar unter der Halshaut gelegene Luftröhre in die Lungen. Die Speiseröhre liegt unmittelbar an der Wirbelsäule an — jeder Bissen streicht also über die Stimmritze weg nach hinten in die Speiseröhre — jeder Athemzug durchsetzt quer den Speiseweg. Der Kehldeckel schließt die Stimmritze beim Hinabschlucken — er klappt sich nach hinten über. Ist dieser Schluß unvollständig, so gelangt leicht der Bissen an die Stimmritze, die äußerst empfindlich ist, oder selbst in den Kehlkopf. Husten, Erstickungszufälle sind die Folgen des Verschluckens.



Fig. 10. Der Magen in Verbindung mit dem Zwölffingerdarm und dem unteren Ende der Speiseröhre, so aufgeschnitten, daß man die innere Fläche sieht. 1. Das längsgefaltete, untere Ende des Schlundes. 2. Oeffnung des Schlundes in den Magen (Cardia). 3. Der Magengrund. 4. Pförtnertheil. 5. Die kleine obere Krümmung. 6. Die große Magenkrümmung. 7. Der Eingang zum Pförtner. 8. Höhle des Magens. 9. Pförtner (Pylorus). 10. Quertheil. 11. Absteigender Theil des Zwölffingerdarms. 12. Gallengang und Pankreasgang. 13. Mündung dieser Ausführungsgänge in den Darm. 14. Unteres Ende des Zwölffingerdarms. 15. Dünndarm.

Die Nahrungsmittel gelangen auf diese Art schluckweise, in Form von Bissen, sobald sie fest sind, in den Magen, einen einfachen Sack mit dünnen, muskulösen Wänden. Es ist eine fast allgemein verbreitete Ansicht, nicht nur unter dem Volke, sondern selbst unter den Gebildeten, daß der Magen eine zweite mechanische Zerkleinerung vornehme, daß er die Speise von Neuem zerreibe. Dies ist durchaus falsch, und von der Ansicht der Mägen des uns gewöhnlich zur Speise dienenden Geflügels, der Hühner und Enten, hergeleitet, die freilich einen zur Zerreibung der Körner eingerichteten, mit starken Muskelmassen versehenen Magen haben. Bei dem Menschen beschränkt sich die Thätigkeit der Muskelwände auf unbedeutende Zusammenziehungen und Aufblähungen, wodurch der Inhalt des Magens im Sacke von oben nach unten gegen die Pförtnerklappe hin getrieben und wenn er nicht durch diese hinaus in den Darm tritt, wieder längs des oberen Magenrandes nach der Eintrittsöffnung zurückbewegt wird, so daß der Speisebrei (Chymus) im Kreise herum längs der Magenwände sich fortwälzt.

Die Magenbewegungen sind gewöhnlich so unmerklich, daß bei gesunden Personen keine Empfindung derselben stattfindet. Sie werden aber dann besonders empfindlicher, wenn sie bis zum Erbrechen sich steigern. Gewöhnlich geht diesem Akte eine gewaltige Depression der ganzen Lebensthätigkeit voraus, Frösteln und Blässe, Zittern, langsames Athmen, kleiner Puls und selbst Ohnmacht ähnliche Zustände. Zugleich fühlt man die wurmförmigen Bewegungen des Magens, besonders in der Pförtnergegend, auf das Deutlichste. Bei dem Brechakte selbst zieht sich besonders der Pförtner kraftvoll zusammen und führt gewissermaßen einen Stoß gegen den Mageninhalt aus. Zugleich aber wirken noch kräftiger die Zusammenziehungen der Bauchmuskeln und des Zwerchfells, die gewöhnlich noch dadurch unterstützt werden, daß der Magen durch eingeschluckte Luft aufgebläht wird. Die Wirkung der Bauchmuskeln ist so bedeutend, daß durch ihre Zusammenziehung allein sogar Erbrechen bei Thieren erzeugt werden kann, denen man den Magen

herausgeschnitten und an seiner Statt eine gefüllte Schweinsblase eingesetzt hatte. Wenn man aber aus dem Gelingen solcher Versuche schloß, daß der Magen durchaus unthätig bei dem Erbrechen sich verhalte, so war dies wieder eine zu weit getriebene Folgerung, da man durch Gegenversuche beweisen kann, daß die erwähnten Zusammenziehungen des Magens und besonders des Pförtners einen wesentlichen Einfluß üben. Jeder Theil für sich allein, der Magen und die Vereinigung der die Bauchhöhle umgebenden Muskeln, können das Erbrechen bewirken, in gewöhnlichen Fällen arbeiten aber beide gemeinschaftlich.

Nach dem Erbrechen treten ganz ähnliche Erscheinungen ein, wie nach einem Fieberanfalle. Die Wärme kehrt in die Extremitäten zurück, die Haut röthet sich, wird feucht und weich, die verschiedenen, das Nervensystem betreffenden Erscheinungen verschwinden. Zuweilen folgt noch eine höchst unangenehme, schmerzliche Periode nach, in welcher der krampfhaft zusammengezogene Magen sich selbstständig aufbläht und Luft von außen durch die Speiseröhre einzieht. Nach und nach tritt Alles wieder in das gewöhnliche Geleise, wenn nicht, wie bei der Seekrankheit, die Ursachen des Erbrechens anhaltend fortdauern.

Diese Ursachen können aber eben so gut in dem Magen selbst, als in anderen Theilen sich finden. Viele Magenkrankheiten sind constant von Erbrechen begleitet. Mechanische Reizungen, wie z. B. Stöße auf die Herzgrube, Krankheiten der benachbarten Eingeweide, erregen oft diese regelwidrigen Zusammenziehungen. Auch solche Einwirkungen, welche eine heftige Zusammenziehung der Bauchmuskeln bewirken, wie starker Husten, plötzliches Eintauchen in kaltes Wasser, können endlich zum Erbrechen führen. Reizungen der Zungenwurzel, des Gaumens, des Zäpfchens, erregen eben so gewiß Erbrechen, als gewisse Arzneien, unter denen der Brechweinstein und die Brechwurzel (Ipecacuanha) oben anstehen. Besonders wichtig ist aber auch noch die Sympathie des Magens und des Gehirnes. Häufiges Erbrechen ist oft das einzige Symptom, durch welches sich eine beginnende Hirnentzündung der Kinder verräth. Das halbseitige

Kopfweh, die Migräne, ist oft nur ein Symptom von Magenverstimmungen und wird andererseits gewöhnlich durch Erbrechen beendigt. Hirnerschütterungen durch Schläge und Fall pflegen fast immer Erbrechen hervorzurufen. Auch die erwähnten Brechmittel wirken nicht durch unmittelbaren Angriff des Magens, sondern durch Umstimmung des Nervensystemes. Denn Brechweinstein in das Blut gespritzt zeigt ganz dieselben Wirkungen, wie wenn er in den Magen gebracht worden wäre. Damit hängt es denn auch zusammen, wenn heftige Gemüthsaffekte und gewisse Vorstellungen und Sinnesanschauungen je nach der größeren oder geringeren Empfänglichkeit Ekel und Erbrechen erzeugen.

Das einzige Element, wodurch die Verwandlung der Speisen in einen gleichförmigen Brei bewirkt wird, ist der Magensaft, eine schwach saure Flüssigkeit, welche von den so zahlreichen Labdrüsen der Magenschleimhaut abgesondert wird. Schon ältere Versuche hatten diese Einwirkung des Magensaftes als unzweifelhaft dargestellt. Man hatte von Hühnern, Enten und Hunden kleine Blech- und Holzbüchschen verschlingen lassen, deren Wände durchlöchert waren, so daß die darin enthaltenen Nahrungsstoffe zwar von dem Magensafte durchdrungen werden, die Speisen selbst aber in keine Berührung mit den Magenwänden kommen konnten. Indem man nach einigen Stunden die Büchschen wieder an den Fäden, woran man sie befestigt hatte, hervorzog, konnte man die Einwirkung der stattgehabten Verdauung beurtheilen. Man fand dann die Büchschen leer; — die darin enthaltenen Substanzen waren aufgelöst, verdaut worden durch die alleinige Einwirkung des Magensaftes.

Aus Versuchen an Hunden hat man berechnet, daß ein Mensch von 130 Pfund Gewicht im Durchschnitte etwa 13 Pfund Magensaft täglich absondert, in welchem sich 1 bis höchstens 2 Prozent feste Stoffe in Wasser aufgelöst befinden. Gewöhnlich ist der Magensaft sauer, in ganz nüchternem Zustande, wo indessen verhältnißmäßig nur wenig abgesondert wird, zeigt aber der Magensaft oft diese saure Reaktion nicht. Man hat viel

über die Natur der freien Säure gestritten, ohne zu einem vollständigen Abschluß in dieser Hinsicht zu gelangen. Doch scheint es jetzt sicher, daß nur Milchsäure im Magensafte in freiem Zustande vorkommt, alle anderen Säuren dagegen entweder mit Basen zu Salzen verbunden, oder auch an gewisse organische Stoffe gekettet sind, wie es denn wahrscheinlich ist, daß die Salzsäure, die man oft überdestilliren kann und die auch bei fastenden Thieren einzig in dem Magensafte vorkommt, mit dem wesentlichen organischen Verdauungsstoffe, dem sogenannten Pepsin, zu einer eigenthümlichen organischen Doppelsäure gepaart ist. So viel steht sicher, daß nur ein sauer reagirender Magensaft verdaut und die Speisen chymifizirt; dagegen ein neutraler oder alkalischer keine verdauende Wirkung ausübt. Es war natürlich, daß man nach Erkenntniß dieser Thatsache auch der freien Säure im Magensafte allein die verdauende Kraft zuschrieb. Allein die Erfahrung, daß bei allzusaurem Magensafte, bei dem sogenannten Sodbrennen, die Verdauung nicht nur nicht gefördert, sondern im Gegentheile behindert war, ließ schon sehr an der Richtigkeit dieser Ansicht zweifeln und vergleichende Versuche ließen sie durchaus verwerfen. Speisen mit Magensaft außerhalb des Körpers in Gläschen digerirt, wurden verdaut, während verdünnte Säure keine oder nur äußerst geringe auflösende Kraft zeigte, die in keinem Verhältnisse mit derjenigen des Magensaftes stand.

Es ist leicht, sich eine Flüssigkeit zu verschaffen, die auch außerhalb des Körpers bei gehöriger Wärme durchaus dieselbe verdauende Kraft zeigt, wie der Magensaft im menschlichen Magen. Man braucht nur einen thierischen Magen mit Wasser auszulaugen und die so erhaltene schleimige Flüssigkeit mit einer angemessenen Quantität Säure zu versetzen und man hat eine Verdauungsflüssigkeit, welche Fleisch, Eiweißwürfel in einer Wärme, die derjenigen des Körpers entspricht, ganz in derselben Weise verdaut, wie in dem lebenden Magen auch. Die Substanzen zerfallen, werden durchscheinend und endlich aufgelöst, wobei sie eine trübe dickliche Flüssigkeit, einen wahren Speisebrei

bilden. Vielfache chemische Untersuchungen haben nun gelehrt, daß das verdauende Prinzip in dieser Flüssigkeit, wie in dem natürlichen Magensafte, aus einem eigenthümlichen organischen Stoffe besteht, der in seiner Zusammensetzung viele Aehnlichkeit mit dem Eiweiß hat, und ein eigenthümlicher Gährungsstoff ist, welcher mit Salzsäure gepaart, und bei Gegenwart von irgend einer freien Säure überhaupt, die Umsetzung und Auflösung der blutbildenden Stoffe unmittelbar bewerkstelligt. Dieser Verdauungsstoff oder **Pepsin** ist es, welcher dem Labmagen der Kälber die Kraft ertheilt, den Käsestoff der Milch augenblicklich zur Gerinnung zu bringen. Jedermann weiß, daß das Ueberraschende dieser Wirkung hauptsächlich in der geringen Menge von Lab liegt, die zur Gerinnung einer großen Quantität Milch nöthig ist. Das Pepsin wirkt überall in ungemein geringem Verhältniß, es braucht nur $\frac{1}{6000}$ des so rein als es bis jetzt möglich war dargestellten Stoffes in der Flüssigkeit vorhanden zu sein und sie zeigt noch gerinnende und verdauende Kraft. Nach der stattgehabten Verdauung findet sich die gleiche Menge Pepsin in der Flüssigkeit wieder. Mithin wirkt dieses nicht durch Verbindung mit den Nahrungsstoffen, es löst dieselben nicht auf, etwa wie Silberoxyd von Salpetersäure aufgelöst wird, indem sich die beiden Stoffe zu einem löslichen Salze verbinden. Das Pepsin wirkt einzig durch seine Gegenwart und leitet die Zersetzung und Auflösung der blutbildenden Stoffe ganz in ähnlicher Weise ein, wie die Hefe die Gährung des Zuckers einleitet, ohne selbst dadurch verändert zu werden. Mit der Hefe, der Diastase, vielleicht auch mit einigen thierischen Giften, gehört das Pepsin zu der Klasse der Gährungskörper oder Fermente, Körper, welche selbst in steter Umsetzung begriffen, gewisse mit ihnen in Berührung kommende organische Verbindungen auch dann zu schleuniger Zersetzung bestimmen, wenn sie selbst nur in höchst geringer Menge mit ihnen in Berührung kommen. Zu den Eigenthümlichkeiten dieser Stoffe gehört ihre Wirkung in verhältnißmäßig außerordentlich kleinen Mengen, ihre stete Wiedererzeugung während des Prozesses der Umsetzung,

ihr unverändertes Vorhandensein nach Beendigung desselben, und das Geknüpftsein dieser Wirkungen an mancherlei, oft unscheinbare Bedingungen. Zu diesen letzteren gehört bei dem Pepsin die Gegenwart der freien Säure, die allein für sich genommen eben so unwirksam ist, wie das Pepsin, das der freien Säure entbehrt.

Wir sehen also, daß in dem Magen schon die Masse der aufgenommenen Nahrungsmittel mit zwei Gährungsstoffen verschiedener Wirkung gemengt ist, die einander in ihrem Einflusse nicht aufheben : mit Speichelstoff, welcher die gekochte Stärke umsetzt, mit saurem Pepsin, welches die Blutbildner auflöst. Wir werden sehen, daß diese Scheidung der Einwirkung auf die Blutbildner einerseits, auf die stärkemehlartigen Stoffe, die sogenannten Fettbildner andrerseits auch weiterhin auf dem Wege der Speisen durch den Darmkanal sich wiederholt, und daß hier ein ähnlicher Wechsel Statt findet, wie wenn ein Chemiker, um verschieden lösliche Stoffe aus einer Substanz auszuziehen, dieselbe abwechselnd mit sauren und alkalischen Flüssigkeiten behandelt.

Das Resultat der Magenverdauung ist ein gleichförmiger, weißlicher Brei, der Chymus oder Speisebrei, der seiner Vermischung mit dem Magensafte zu Folge sauer reagirt. Daß dieser Brei keine vollständige Auflösung der Nahrungsmittel darstelle, ist klar; es ist ein Gemenge, in dem einige Substanzen wirklich aufgelöst, andere chemisch verändert, noch andere nur aufgeweicht sind; namentlich ist dieses der Fall mit den organischen Stoffen, welche ihre Struktur gänzlich verlieren, mit Ausnahme der Holzfaser und der hornigen Theile; — Federn, Klauen, Haare, Spelzen und Schaalen der Früchte erhalten sich unverändert im Magen. Das genossene Fett wird bei der hohen Temperatur von 30° R., die im Magen herrscht, meist flüssig und findet sich in Tropfen im Breie vertheilt. Der Käsestoff der Milch gerinnt im Magen, wird aber dann eben so wie Muskelfaser, geronnener Faserstoff, Knorpel, selbst Knochen und die meisten thierischen Stoffe in eine strukturlose Gallert

verwandelt. Die stärkemehlhaltigen Substanzen scheinen meist chemisch verändert zu werden; sie sollen sich theilweise in Traubenzucker verwandeln; die meisten Zuckerarten gehen in saure Gährung über; die Blutbildner, Faserstoff und Eiweiß, welche im Magen aufgelöst wurden, verlieren dadurch ihre Gerinnbarkeit, werden mithin ebenfalls wesentlich verändert. Die Untersuchung über die Umänderungen, welche die verschiedenen Nahrungsstoffe in dem Magen erleiden, sind bei weitem noch nicht auf dem Punkte angelangt, wo sie sein sollten; namentlich hat man bis jetzt noch versäumt, mit den auf künstlichem Wege, mittelst natürlichen oder künstlichen Magensaftes, erhaltenen Verdauungsprodukten endosmotische Versuche anzustellen, um sich zu versichern, welche von diesen Stoffen schon im Magen aufgesaugt werden und welche, auch nach vollendeter Umwandlung in Chymus, noch der Dünndarmverdauung zu ihrer Assimilation bedürfen.

Sobald der Speisebrei die Pförtnerklappe des Magens überschritten hat und in den Dünndarm eingetreten ist, so mengen sich ihm die Absonderungsprodukte zweier bedeutender Drüsen, der Bauchspeicheldrüse und der Leber, zu. Letztere namentlich hat von jeher in der Medizin und in den physiologischen Ideen der Aerzte sowohl als des Volkes eine eminente Rolle gespielt, und in manchen Ländern Europa's schreibt wenigstens der zweite Kranke alle Uebel, welche ihn betreffen, der Galle zu. Manche dieser Vorurtheile können wir dreist als solche zurückweisen, vielen dürfen wir nur bedingungsweise entgegen treten, und zu den meisten können wir leider weder Nein! noch Ja! sagen; denn wir müssen eingestehen, daß von allen chemischen Einwirkungen auf die Verdauung diejenige der Galle gerade am wenigsten, ja so gut wie nicht bekannt ist, und daß wir, nach den bis jetzt vorliegenden Thatsachen, nicht einmal vollständig begreifen können, warum uns die Natur diese größte aller Drüsen, die Leber, in den Unterleib gesetzt hat. Erst in den allerneuesten Zeiten scheint ihr Bau in einigermaßen befriedigender Weise aufgeklärt worden zu sein. Schon durch die Art

und Weise der Anordnung ihrer Blutgefäße tritt die Leber ganz aus der Reihe aller andern Drüsen heraus. Ihre Arterie steht in gar keinem Verhältniß zu ihrer Größe, und die großen, weitschichtigen Netze, welche die arteriellen Capillaren bilden, zeigen wohl, daß sie zu der Gallensekretion in weniger Beziehung stehen, sondern mehr der Ernährung des Drüsengewebes gewidmet sind. Für diesen Mangel wird die Leber indeß dadurch entschädigt, daß alles venöse Blut, welches vom Darmkanale zurückkommt (mit Ausnahme der obersten und untersten Theile, welche keinen Bezug mehr zur Verdauung und Auffaugung haben), daß alles dieses Darmblut, wie schon oben erwähnt wurde, sich in einen einzigen Stamm sammelt, die Pfortader, und daß dieser venöse Stamm sich dann wieder in der Leber verzweigt und dieser gegenüber ganz dieselbe Rolle spielt, wie bei den übrigen absondernden Drüsen die Blut zuführende Arterie.

Die Pfortader vertheilt sich in sehr feine Maschennetze, aus welchen sich dann nach und nach die Lebervenen zusammensetzen, welche das Blut in die große Hohlader und somit in die rechte Vorkammer des Herzens führen. Die Stoffe also, welche durch die Auffaugung im Darme aus den Nahrungsmitteln in das Blut aufgenommen worden sind, gelangen nicht in den allgemeinen Kreislauf, bevor sie nicht einmal durch die Capillargefäße der Pfortader hindurchgegangen sind.

Mit dieser außergewöhnlichen Anordnung der Blutgefäße sind indeß die anatomischen exceptionellen Verhältnisse der Leber noch nicht erschöpft. Alle andern ausführenden Drüsen des Körpers kommen in ihrem Baue insofern überein, daß sie aus Röhren gebildet sind, welche mit blinden Enden beginnen, und durch ihr Zusammentreten endlich einen Hauptausführungsgang bilden, welcher das Sekret weiter befördert. Die absondernden Röhren haben einen weit bedeutenderen Durchmesser, als die capillaren Blutgefäße, und werden an den Netzen derselben umsponnen. Man könnte sich die absondernden Drüsenkanäle mit ihren umspinnenden Blutgefäßnetzen etwa unter dem Bilde

einer mit einem Seidenhandschuh bekleideten Hand vorstellen, wo die Finger die Drüsenkanäle, das Seidengewebe mit seinen Maschen die Netze der Blutgefäße repräsentiren würden. In der Leber verhalten sich die absondernden Gallenkanäle durchaus anders. Sie lösen sich zuletzt in ein Netz auf, das aus eben so feinen Röhren besteht, als die Capillargefäße selbst, das eben so complicirte Maschen zeigt, als diese, und beide Gewebe durchdringen sich so wechselseitig, daß nur vermöge der inneren Struktur, oder nach einer gelungenen Einspritzung vermittelst der verschieden gefärbten Massen, entschieden werden kann, welche dieser feinsten Röhrchen und Netze aus Gallenkanälen, welche aus Blutgefäßen gebildet sind. Ich muß auch hier wieder die Zuflucht zu einem trivialen Vergleiche nehmen, welcher aber vielleicht diese Anordnung klarer macht, als eine lange Beschreibung. Man stelle sich einen aus zweierlei Fäden gestrickten Strumpf vor, dessen Maschen so in einander greifen, daß sie sich wechselseitig ausfüllen und verdrängen; man nehme ferner an, daß dieses Gewebe eben so in die Dicke fortgestrickt sei, wie es beim Strumpfe in die Breite geschieht, und man wird sich auf diese Weise ein ungefähres Bild der Leberstruktur entworfen haben. Diese innige Durchdringung der blutführenden und gallabsondernden Kanäle bedingt indeß keine Verschmelzung beider; hier so wenig wie in den andern Drüsen findet ein Uebergang der Blutgefäße in die absondernden Kanäle Statt; nirgends existirt eine solche offene Communikation; Stoffe aus dem Blute können in der Leber sowohl wie in den anderen Drüsen nur auf die Weise in die absondernden Kanäle gelangen, daß sie aufgelöst als Flüssigkeit durch die überall geschlossenen Wände der Gefäße durchschwitzen. Die Gallenkanäle selbst sind durch keinen Zwischenraum von den höchst feinen Wandungen der Capillargefäße getrennt, und nach der Behauptung einiger Forscher mit besonderen Zellen, den sogenannten Leberzellen, belegt, während andere diese Zellen als abgerissene Stücke der feinsten Gallengänge ansehen wollen. Mag die eine oder andere Ansicht die richtige sein, so viel ist sicher, daß in

keiner Drüse eine so innige Durchdringung und vielfältige Berührung der Blutgefäße und absondernden Kanäle Statt findet, als gerade in der Leber; — eine Struktur, die nothwendig auf die Absonderung selbst einen bedeutenden Einfluß ausüben muß.

Die Galle selbst ist eine bitterlich schmeckende, klare Flüssigkeit von grünlich-gelber Farbe, die meistens der Beimischung von Gallenschleim wegen eine alkalische Reaktion besitzt. Ihre äußerst leichte Zersetzung hat vielfache Streitigkeiten unter den Chemikern herbeigeführt, die endlich dahin gelöst sind, daß man die Galle als eine Auflösung von Kali- und Natronsalzen betrachten muß, die durch zwei eigenthümliche Säuren gebildet werden, welche in ihrer Zusammensetzung insofern einige Aehnlichkeit mit den Fettsäuren haben, als sie sehr reich an Kohlenstoff sind. Beide Säuren enthalten indeß eine geringe Menge Stickstoff, die eine, die sogenannte Choleïnsäure, auch noch etwas Schwefel, während die Cholsäure oder Gallensäure durchaus schwefelfrei ist. Außerdem finden sich in der Galle noch zwei Farbestoffe, ein grüner und ein brauner, welche im Darmkanale allmählig verharzt werden und den Excrementen ihre Farbe ertheilen. Es geht aus dieser Zusammensetzung hervor, daß die Galle im Ganzen eine sehr kohlenstoffreiche Absonderung ist, und somit in direktem Gegensatze zu dem Harne steht, in dessen organischen Bestandtheilen der Stickstoff die bedeutendste Rolle spielt.

Aus Versuchen an Hunden hat man berechnet, daß ein erwachsener Mensch von 130 Pfund Körpergewicht etwa 3 Schoppen Galle in 24 Stunden durch seine Leber bereitet und in den Zwölffingerdarm überführt. Und auf der anderen Seite hat man durch vergleichende Untersuchungen der Nahrungsmittel und der Excremente nachgewiesen, daß höchstens $1/8$ der festen Bestandtheile der Galle mit dem Kothe weggeht, $7/8$ dagegen in dem Darme selbst wieder aufgesaugt werden. Die Galle gehört also nicht zu den reinen Absonderungen des Körpers, sondern vielmehr zu denjenigen Flüssigkeiten, welche zur inneren Ver-

arbeitung, zur Stoffmetamorphose des Körpers dienen, und nach geleistetem Dienste wieder in das Blut aufgenommen werden.

Welches sind aber die bis jetzt nachgewiesenen Dienste der Galle? Die Antwort hierauf ist schwierig, und nur langsam ist man zu einigen positiven Kenntnissen in dieser Hinsicht gelangt. Daß die Funktion der Leber von höchster Wichtigkeit sei, lehren schon der äußere Anschein, sowie die Krankheiten dieses Organs, das bei den meisten Thieren vorkommt und einen bedeutenden Umfang besitzt. Krankhafte Destruktion der Leber führt fast unvermeidlich zum Tode, und Versuche an Thieren haben gezeigt, daß bei direkter Ausführung der Galle aus dem Körper das Leben meistens gefährdet ist. Man hat vielfache Versuche in der Art angestellt, daß man bei Hunden den Gallengang, der in den Darm führt, so unterband und durchschnitt, daß keine Galle mehr in den Darm gelangen konnte. Man öffnete dann, um die Gallenabsonderung selbst nicht zu hindern, die Gallenblase, und heilte die Oeffnung so in die Bauchwände ein, daß die Galle nach außen ergossen wurde. Auf diese Weise war die Funktion der Leber selbst nicht im Geringsten beeinträchtigt. Die Galle wurde nach wie vor abgesondert, allein statt in den Darm, durch die in der Gallenblase angebrachte Fistelöffnung nach außen ergossen. Alle so operirten Thiere zeigten, wenn sie überhaupt den operativen Eingriff überstanden, eine große Gefräßigkeit, und meistens auch, wenn das Leben längere Zeit erhalten wurde, eine bedeutende Abmagerung, die besonders das Fett betraf. Bei einigen Wenigen nur, bei denen die Magenverdauung kräftig genug war, die großen Mengen eingenommener Nahrung zu überwinden, stellte sich der durch den Ausfluß der Galle bewirkte Verlust wieder her. Die meisten Thiere gingen an vollständiger Abmagerung zu Grunde. Bei allen aber beobachtete man einen entsetzlichen Gestank der Excremente, ja selbst der Athmungsluft, und man konnte somit nicht bezweifeln, daß ein wesentlicher Einfluß der Galle in einer fäulnißwidrigen Wirkung auf den Darminhalt besteht. Wenn auch die Magenverdauung vollkommen

ungestört bleibt, so ist doch offenbar die Abwesenheit der Galle durch die faulige Zersetzung der im Darmkanale befindlichen blutbildenden Stoffe und durch die übermäßige saure Gährung der Pflanzennahrung ein bedeutendes Krankheitsmoment.

Ein zweiter wichtiger Einfluß der Gallenflüssigkeit ist die Vermittlung der Auffaugung des Fettes und seine Ueberführung in die Lymphgefäße.

Es existirt ein unerschütterliches Gesetz in der Lehre von der Durchdringlichkeit thierischer Membranen durch Flüssigkeiten, welches festsetzt, daß nur solche Flüssigkeiten durchdringen und sich durch die Membranen hindurch austauschen, welche unter sich und mit der Befeuchtungsflüssigkeit der Membran mischbar sind. Oel und Fett dringen nicht durch eine mit Wasser getränkte Membran, und umgekehrt. Nun sind aber die Häute des Darmkanales, die Wände der einsaugenden Gefäße, der Speisebrei, kurz alle bei der Verdauung und Resorption in Betrachtung kommenden thierischen Theile, mit wässerigen Flüssigkeiten getränkt. Die Aufnahme von Fett in den Chylus, der Durchgang von freien Fetten durch diese Membranen wäre demnach eine reine physikalische Unmöglichkeit, wenn nicht ein Mittel gegeben wäre, welches das Fett auf irgend eine Art im Wasser löslich und dadurch auffaugungsfähig machte. Die Seifen sind im Wasser lösliche Fettverbindungen, Salze von Fettsäuren mit alkalischen Basen gebildet. Die Galle ist allerdings im Stande, mit Fettsäuren lösliche Seifen zu bilden. Da man aber vorzugsweise neutrale Fette genießt, so finden diese Eigenschaften nur dann Platz, wenn sich Fettsäuren in dem Darme bilden, was allerdings unter dem Einflusse der Alkalien der Galle nach und nach geschehen muß. Hierzu kommt aber noch, daß das verseifte Fett beim Durchtritte durch thierische Häute, welche mit wässerigen Flüssigkeiten genetzt sind, das in feine Tröpfchen und Kügelchen vertheilte Fett mechanisch überführt. Jeder, der mit chinesischer Tusche oder mit Wasserfarben gemalt hat, weiß, daß man nur ein wenig Galle (die Maler benutzen gewöhnlich Hechtsgalle) unter die Farbe zu mischen braucht, um

auf fettigem Papier, das sonst die Farbe nicht gleichmäßig annimmt, die Farben dennoch gleichartig auftragen und ausbreiten zu können. In mit Galle benetzten Haarröhrchen steigt flüssiges Fett in die Höhe, in mit Wasser benetzten nicht. Die Galle vermittelt demnach die Mischbarkeit fetter und wässeriger Flüssigkeiten, die Berührung der im Darmkanal enthaltenen Fette mit den Darmzotten, und den Uebergang durch deren von Wasser durchtränkte Substanz in die Milchgefäße. Nach Unterbindung des Gallenganges findet man auch in der That in den Milchgefäßen des Darmes meist nur eine opalisirende oder ganz durchsichtige Flüssigkeit. Versuche an Hunden lehrten indeß, daß nach Ausschließung der Galle zwar die Fettaufnahme in die Milchgefäße nicht ganz aufhörte, daß aber dennoch weit weniger Fett aufgenommen und in den Organismus übergeführt wurde. So fand man in dem Chylus oder Milchsafte eines gesunden Hundes 3,302 Theile Fett und Fettsäuren auf 100 Theile Flüssigkeit, während ein Hund mit einer Gallenfistel, bei dem die Galle nicht in den Magen gelangte, nur 0,303 Theile Fett in seinem Chylus zeigte. So scheint denn aus den jetzigen Untersuchungen immer mehr und mehr das Resultat hervorzugehen, daß die Galle wesentlich dazu dient, die neutralen Fette aus dem Darme in das Blut überzuführen und daß die Gefräßigkeit der Thiere darauf beruht, daß sie durch vermehrte Nahrungsaufnahme den Abgang an Stoff, den ihnen die gestörte Fettaufnahme verursacht, auf andere Weise zu ersetzen suchen, während zugleich das im Körper aufgespeicherte Fett zur Deckung dieses Abganges verzehrt wird.

Wir gedenken hier nur beiläufig noch einiger Verhältnisse, auf die wir vielleicht im Verlaufe noch zurückkommen werden. Die oben auseinander gesetzte Struktur der Leber beweist eine innige Wechselwirkung des Blutes und der abgesonderten Gallenflüssigkeit. Die Anordnung des Kreislaufes, wodurch alles von dem Darmkanal herkommende Blut erst durch das Filtrum der Leber durchgehen muß, ehe es weiter in dem Körper circuliren kann,

deutet darauf hin, daß eine besondere Thätigkeit der Leber vorhanden sein müsse, die auf das Blut Bezug hat.

Diese Schlüsse rechtfertigen sich vollkommen bei genauerer Untersuchung. Die Leber ist der Schauplatz tief eingreifender chemischer Veränderung, die wir nur zum Theile noch kennen. So hat man nachgewiesen, daß in ihr bedeutende Mengen von Traubenzucker sich bilden, der durch die Lebervenen in das Herz und in die Lungen geführt und dort so verarbeitet wird, daß in dem arteriellen Blute kaum mehr eine Spur davon nachgewiesen werden kann. Dieser Zucker bildet sich ohne Zweifel in der Leber selbst; denn das Blut der Pfortader enthält wenig oder keinen Zucker, das Blut der Lebervenen dagegen eine bedeutende Menge, und in dem Lebergewebe selbst findet sich der Zucker ganz unabhängig von äußeren Verhältnissen, bei Thierkost wie bei Pflanzenkost, beim Hungern und im Winterschlafe, ja selbst bei der Frucht im Mutterleibe. Bei Fröschen, denen man die Leber weggenommen hat, und die nach dieser Operation selbst noch vierzehn Tage leben können, findet man keinen Zucker im Blute. Daß demnach dieser Zucker ein Umsetzungsprodukt verschiedener Stoffe sei, die in dem Pfortaderblute sich befinden, unterliegt wohl keinem Zweifel; — in welcher Beziehung er aber zu anderweitigen Zersetzungsprozessen steht, ist noch unermittelt.

Man kennt ferner eine ganze Classe von Giften aus dem Thier- und Pflanzenreiche, welche nur bei unmittelbarer Einführung in das Blut schnell tödtlich wirken, das Woorara, das berüchtigte Pfeilgift der Indianer, das Schlangengift*) sind in

*) Vielseitig ist noch der Glaube verbreitet, daß die Schlangen stechen. Steht es ja doch geschrieben: Er wird der Schlange den Kopf zertreten, sie aber wird ihn in die Ferse stechen. Es gibt in Deutschland nur eine giftige Schlange, die Kreuzotter oder Viper, die, wie alle übrigen Giftschlangen, zwei in den Schläfen, also am Kopfe liegende Giftdrüsen hat, deren Saft durch zwei hohle Hakenzähne beim Bisse in die Wunde fließt.

dieser Hinsicht bekannt genug. Schon seit langer Zeit wußte man, daß Vipergift z. B., wenn auch in bedeutender Menge in den Magen gebracht, dennoch von diesem Orte aus durchaus keine Wirkung habe, während der Biß der Schlange, durch den eine weit geringere Menge dieser Flüssigkeit in das Blut eingeführt wird, selbst den Tod verursachen kann. In dieser Eigenschaft der genannten Gifte liegt auch die Ursache, daß das augenblickliche Aussaugen eines Schlangenbisses, durch welches man das Gift entfernt, ehe es in den Blutstrom übergeführt ist, das sicherste Heilmittel und zugleich das ungefährlichste für denjenigen ist, der das Aussaugen vornimmt. Ich entsinne mich in Jugendschriften, neuerdings vielleicht auch in Zeitungen, mehrere Fälle dieser Art als Akte eines übermenschlichen Heroismus und eines außerordentlichen Opfermuthes dargestellt gelesen zu haben; — eine Hilfeleistung dieser Art ist sicherlich das wohlfeilste Opfer, das man erfinden kann. Ja ein Mensch, der an einer Stelle gebissen wurde, wo er sich selber das Blut aussaugen kann (an der Hand, am Vorderarm z. B.), kann auch sich selber auf diese Weise die wirksamste Hilfe bringen, und er wird sogar ohne Gefahr das Ausgesogene hinabschlucken können. Die genannten Gifte stehen in ähnlichem Verhältnisse zu der Blutmasse, wie das Pepsin zur Milch, oder die Hefe zum Zucker; — sie sind Gährungsstoffe, welche, wenn auch in kleiner Menge eingeführt, eine tödtliche Zersetzung der ganzen Blutmasse bewirken. Werden sie dagegen in den Magen gebracht, so gelangen sie in das Blut der Pfortader, durch diese in die Leber, und in dem Capillarkreislaufe dieses Organes werden sie selber zersetzt und umgewandelt, so daß sie auf die Centren des Lebens, und namentlich auf das Nervensystem, keine schädliche Wirkung mehr ausüben können. Man kann leicht nachweisen, daß gerade der Durchgang durch die Leber es ist, welcher diese Gifte zerstört, so daß die Leber gewissermaßen als Wächter an dem Uebergange der im Darmkanal aufgenommenen Stoffe in den allgemeinen Blutkreislauf dasteht. Eine Auflösung von Woorara-Gift in die Lungen gespritzt tödtet ganz in derselben

Weise, wie wenn das Gift unmittelbar in die Blutmasse gebracht würde. Es wird in der Lunge von den Haargefäßen derselben aufgesaugt, und gelangt so in den großen Kreislauf und zu den Nervencentren, ohne durch die Leber hindurchgegangen zu sein.

Versuche an Fröschen haben gezeigt, daß nach der Wegnahme der Leber die Ausathmung der Kohlensäure aus dem Blute bedeutend verringert ist, die Zahl der farblosen Blutkörperchen im Verhältniß zu den farbigen bedeutend vermehrt, so daß also in der Leber ein bedeutender Umsatz Statt findet, wodurch die Verbrennung und die Weiterbildung der Blutelemente gefördert wird.

Doch kehren wir von dieser Abschweifung zu den im Darme enthaltenen Nahrungsmitteln und ihrem Schicksale zurück. Wir sagten oben, daß außer der Galle noch eine zweite Flüssigkeit in den unmittelbar hinter dem Magen gelegenen Darmtheil, den Zwölffingerdarm, ergossen werde. Diese Flüssigkeit ist der Bauchspeichel, das Absonderungsprodukt der Bauchspeicheldrüse oder des Pancreas. Es ist eine klare, wasserhelle, klebrige Flüssigkeit, die durch Kochen gerinnt und besonders die Eigenschaft hat, die Stärke in Dextrin und Zucker, sowie die neutralen Fette in Fettsäuren umzuwandeln. Es unterliegt keinem Zweifel, daß dieser Zucker hauptsächlich schon in dem Zwölffingerdarme durch die vereinte Einwirkung von Galle und Bauchspeichel in Milchsäure übergeführt und daß aus dieser Milchsäure endlich Buttersäure entsteht, und somit die Ueberführung der stärkemehlartigen Substanzen in Fett vollendet wird. Auf die Fette selbst hat der Bauchspeichel ganz dieselbe Wirkung, wie die Galle, indem er eine Emulsion mit ihnen bereitet und dadurch ihre Ueberführung in das Blut vermittelt. Eine ausschließliche Einwirkung des Bauchspeichels aber auf die Fette, wie sie von einem neueren Forscher behauptet wurde, ist von Anderen vielfach widerlegt worden.

Bei dem weiteren Fortrücken der Nahrungsmittel durch den Darm wird nur noch der Darmsaft hinzugefügt, der stark

alkalisch ist, aber nur in geringerer Menge abgesondert wird und denselben Einfluß auf den Stärkekleister erzeugt, welchen auch der Bauchspeichel besitzt. So wird denn nach und nach die saure Reaktion des durch Beimischung der Galle grünlich-gelb gewordenen Speisebreies durch die Alkalien getilgt, so daß in dem unteren Theile des Darmes die alkalische Reaktion vorherrscht. Die durch den Magensaft aufgelösten Blutbildner, wie Eiweiß, Faserstoff und Käsestoff, sind in dem unteren Theile des Darmes längst verschwunden und aufgesaugt, die stärkemehlartigen Stoffe größtentheils in Zucker, Milchsäure und Buttersäure verwandelt und als Fett übergeführt. Das freie Fett ist ebenfalls nach und nach in die Blut- und Chylusmasse eingedrungen. Je näher der Speisebrei dem Dickdarme kommt, desto bräunlicher wird seine Farbe durch die Umänderung des Gallenfarbstoffes, die von jenem eigenthümlichen Kothgeruche begleitet ist, welche sich wesentlich von dem eigentlichen Fäulnißgeruche unterscheidet.

Aus der Analyse der Excremente geht hervor, daß die unverdaulichen Stoffe der Nahrung, wie Horn, Holz, die Zellenwände der Pflanzen, mit den Resten der Galle und dem Darmschleim die Hauptmasse derselben bilden, und daß nur außerordentlich wenig lösliche Stoffe sich noch darin finden. Bei überschüssiger Fleischnahrung sieht man stets noch unvollständig aufgelöste Muskelfasern, Sehnenstückchen und Fettzellgewebe; bei Pflanzennahrung findet man die aus Cellulose oder Holzstoff bestehenden Formgebilde zwar unverändert wieder, aber ihres löslichen Inhaltes beraubt; bei überschüssiger Pflanzennahrung erhalten sich besonders die Stärkemehlkörner am längsten, so daß man z. B. nur selten das Stärkemehl nach Kartoffelnahrung in den Excrementen vermissen wird.

Betrachten wir den Verdauungsprozeß im Ganzen nach seinen Resultaten, so ist er eine chemische Operation des Organismus, welche die Aneignung der dem Körper tauglichen Substanzen aus den Nahrungsmitteln entweder durch einfache

Auffaugung oder doch tief eingreifende Umsetzung zum Zwecke hat. Die Betrachtung der Nahrungsmittel, ihre Eigenschaften in physiologischer Hinsicht und ihre Beziehungen zu dem Haushalte des menschlichen Körpers ist aber zu wichtig, als daß wir derselben nicht einen besonderen Brief widmen sollten.

Vierter Brief.

Die Nahrungsmittel.

So lange bis den Bau der Welt
Philosophie zusammenhält,
Erhält sie das Getriebe
Durch Hunger und durch Liebe,

sagte der Dichter vor einem halben Jahrhundert von der Natur und bis heute noch sind die beiden Triebfedern, die er nannte, die einzigen, welche Leben und Bewegung in der gesammten thierischen Welt erhalten. Noch mächtiger aber wohl als der Trieb der Fortpflanzung, der mehr in individuellen Gränzen seine Macht übt, ist derjenige der Selbsterhaltung, welcher unumschränkt herrscht, und einer jeden Thiergattung die Nahrung bestimmt, welche ihrer Organisation angepaßt ist. Wir werden in der Folge sehen, daß der thierische Körper beständig durch Athmung und Absonderung bedeutenden Verlust an Stoff erleidet, der ersetzt werden muß, wenn der Körper selbst nicht zu Grunde gehen soll. Durch eigenthümliche Gefühle wird dem Bewußtsein der Mangel des Organismus und sein Begehren nach frischer Zufuhr von Nahrungsstoffen kund gethan. Hunger und Durst werden unter gewöhnlichen Verhältnissen nur dann empfunden, wenn das Bedürfniß fester oder flüssiger Speise gefühlt wird. So gewöhnlich auch diese Empfindungen wiederkehren, so schwer ist es, sich klare Auskunft über ihre Entstehung zu geben. Es fragt sich, ob die Empfindung dieser Bedürfnisse an einzelne Organe geknüpft sei, oder ob sie dem noch dunklen Felde des Allgemeinbewußtseins angehöre?

Es ist eine Thatsache, daß Appetit oder Hunger augenblicklich durch Aufnahme fester Stoffe in den Magen gestillt werden kann, und daß bei leerem Magen das Bedürfniß frischer Zufuhr gefühlt wird. Daß die Entstehung des Hungers demnach auf einem bestimmten Zustand des Magens beruhe, und von diesem Organe aus durch die Magennerven dem Bewußtsein klar werde, kann nicht geläugnet werden. In einem späteren Briefe werden wir sehen, welche Nerven des Organismus spezieller die Empfindungen und Bedürfnisse des Magens dem Gehirne zuleiten. Hier können wir nur darauf hindeuten, daß der Hunger nicht einfach auf dem Magen allein beruht, sondern daß auch das Gemeingefühl wesentlichen Antheil daran nimmt. Substanzen, welche nicht verdaut werden und dem Organismus keinen Stoff zur Aufnahme bieten, vermögen zwar durch Füllung des Magens augenblicklich, aber nicht auf längere Zeit hin das Gefühl des Hungers zu stillen. Thiere bieten alle Zeichen des Hungers, wenn sie mit Substanzen gefüttert werden, die zwar den Magen füllen, aber durch ihre Zusammensetzung nicht geeignet sind, das Leben des Organismus zu erhalten. Andrerseits ist es aber auch die Leere des Magens allein nicht, welche das Hungergefühl bewirkt. Man hat Morgens unmittelbar nach dem Erwachen, wo der Magen gewiß vollkommen leer ist, nur sehr geringen Appetit; zwei bis drei Stunden nach dem Essen ist bei gesunden kräftigen Menschen die Magenverdauung vollkommen beendet und der Magen vollkommen leer, während das Hungergefühl erst einige Stunden später eintritt. Dies Gefühl beruht demnach offenbar nicht auf dem Zustand des Magens allein, sondern auch auf dem Verhältnisse der eingeführten Nahrungsstoffe zu der gesammten Oekonomie des Körpers. Der lokale Zustand des Magens und die allgemeine Speisung der organischen Maschine durch Substanzen, welche ihren Verlust zu decken vermögen, dies sind die beiden Faktoren, welche bei Erzeugung dieses Gefühles zusammenwirken, und je nach Verhältniß der Dinge in dem einen oder anderen Falle bedeutender hervortreten. Den einen dieser Faktoren, den lokalen Magen-

zustand, können wir leicht in seinen verschiedenen Phasen erforschen; das Gemeingefühl des Organismus hingegen beruht auf zu mannigfachen wechselnden Grundlagen, wie auf der Mischung der gesammten Blutmasse, des Pfortaderblutes, des Chylus und der Lymphe und deren Wechselwirkung auf die Nerven, so daß eine genauere Analyse zur Zeit noch unmöglich ist.

In ähnlicher Weise zersplittert sich auch das Gefühl des Durstes. Mund- und Rachenhöhle spielen hier die Rolle des Magens; Durst wird jedesmal empfunden, sobald diese Theile trocken werden. Fieberkranke, Leute, die viel und stark athmen, oder durch Gewürze und Schärfen die Empfindlichkeit der Nerven der Schleimhaut steigern, fühlen so lange Durst, bis Mund- und Rachenhöhle in den gewöhnlichen Feuchtigkeitsgrad gebracht werden können. Sicherlich beruht auch die Thatsache, daß bei großer Hitze und Trockenheit der betreffenden Theile reines Wasser weniger den Durst löscht, als schleimige Getränke, auf dem einfachen Grunde, daß ersteres schnell verdunstet, während letztere die Feuchtigkeit länger zurückhalten. Allein wir wissen bei heftigeren Graden des Durstes eben so gut das Gefühl der Trockenheit im Munde von dem allgemeinen Bedürfnisse nach Flüssigkeit zu unterscheiden, als wir auf der anderen Seite Durst fühlen können, ohne daß unsere Mundhöhle gerade trocken ist. Wem ist es nicht schon bei anstrengenden Märschen im Sommer begegnet, daß er mit ausgedörrtem Gaumen und lechzender Zunge an einem Brunnen ankam, dort bis zu gänzlicher Sättigung und Anfüllung des Magens trank, und dennoch beim Verlassen der Quelle noch Durst empfand, der erst nach einiger Zeit verschwand, nachdem das in den Magen gebrachte Wasser aufgesaugt und in das Blut übergegangen war? Hunger und Durst sind demnach complexe Gefühle, wodurch der Organismus sein Bedürfniß nach Aufnahme von Stoffen kund giebt; die unmittelbare Empfindung derselben ist an bestimmte Organe, den Magen und die Mundhöhle, geknüpft, während das allgemeine Bedürfniß wahrscheinlich durch die Wechselwirkung zwischen

dem Inhalte der aufsaugenden Gefäße und ihrer Nerven bedingt wird.

Nicht jede Nahrung indessen ist für jedes Thier angemessen, die Einen leben nur von pflanzlicher, die Anderen nur von thierischer Kost, während Andere wieder aus beiden Naturreichen zugleich ihre Nahrung beziehen. Die Organisation eines jeden Thieres entspricht seiner Lebensweise und seiner Nahrung, und wenn auch die Gesetze der thierischen Bildung nicht in so enge Gränzen sich beschränken, als man zu glauben geneigt sein könnte, so ist doch im Allgemeinen die Uebereinstimmung eines jeden Organtheiles mit dem Plane des Ganzen so auffallend und der Bau jedes Theiles so sehr dem Bau der übrigen Theile angepaßt, daß oft schon aus einem einzelnen Theile die Bestimmung des Ganzen erschlossen werden kann. Werfen wir einen Blick auf die dem Menschen näher stehenden Thiere, die Säugethiere, so sehen wir, daß besonders die Bewegungsorgane und die Zähne es sind, welche in engerer Beziehung zu einander stehen und darauf hindeuten, welche Nahrung dem Thiere angewiesen sei. Der Fleischfresser hat mehr oder minder spitze, dolch- oder messerartige Zähne mit schneidenden Kronen und senkrecht in einander passenden Kegelhöckern und Vertiefungen, zum Festhalten und Zerreißen der Beute; — der Pflanzenfresser dagegen zeigt derbe Zähne mit platten Kronen und vorspringenden Leisten, welche zum Zerreiben und Zermahlen der Nahrung geeignet sind. Den Zähnen nach ist der Mensch auf Benutzung beider Naturreiche angewiesen, sein Gebiß nähert sich dem der Früchte fressenden Affen einerseits, der Alles fressenden Schweine andrerseits, und die Erfahrung hat schon längst bestätigt, daß eine zweckmäßige Mischung pflanzlicher und thierischer Kost den wesentlichsten Einfluß auf die Beförderung des leiblichen Wohles ausübe und der Zweck einer jeden vernünftigen Ernährungsweise sein müsse. Wir werden in dem Verlaufe sehen, daß namentlich in kälteren Zonen mehr Fleischnahrung, in wärmeren mehr Pflanzennahrung vorherrscht, daß aber die ausschließliche Pflanzenkost im Allge-

meinen dem Individuum eine bedeutend größere Verdauungsarbeit bei verhältnißmäßig geringerer Ausbeute aufbürdet.

Die Kluft, welche nach früheren Ansichten thierische und pflanzliche Nahrung trennte, ist indeß bei weitem so groß nicht, als man sich gewöhnlich vorstellt. In rein chemischer Beziehung lassen sich zwar bedeutende Unterschiede finden, die aber im Laufe der Verdauung auf rein quantitative Beziehungen reducirt werden. So lange man freilich glaubte, der Stickstoff sei dem Pflanzenreiche fast durchaus fremd und für die thierischen Substanzen charakteristisch, so lange konnte man von einer totalen Verschiedenheit überzeugt sein, und von thierischer Nahrung als von Stickstoffnahrung, von Pflanzennahrung als von stickstoffloser Nahrung reden; — jetzt aber, wo man nachgewiesen hat, daß alle Pflanzen Stickstoff enthalten, und zwar jene eigenthümlichen stickstoffhaltigen Körper, die wir in einem früheren Briefe unter dem Namen Blutbildner bezeichneten : jetzt steht nur noch der empirische Satz fest, daß thierische Kost stickstoffreicher ist, als pflanzliche. Wir essen kein Fleisch, welches nicht Fett, mithin eine stickstofflose Substanz enthielte; wir verzehren kein pflanzliches Produkt, ohne eine geringe Menge pflanzlichen Faserstoffes und Eiweißes aufzunehmen. Der Unterschied zwischen pflanzlicher und thierischer Nahrung besteht demnach hauptsächlich darin, daß in letzterer die blutbildenden stickstoffreichen Verbindungen, in ersterer die kohlenstoffhaltigen, stickstofflosen Substanzen überwiegen.

Der chemischen Zusammensetzung der Stoffe nach, welche wir in den Nahrungsmitteln erhalten, kann man mehrere Gruppen unterscheiden, die in ihrer Beziehung zu den Organen des Körpers äußerst verschieden sind. Da in dem Organismus kein chemischer Grundstoff bereitet werden kann, überhaupt eine Erzeugung von Stoff im Organismus ganz unmöglich ist, so müssen alle diejenigen Bestandtheile, aus welchen der Körper sich aufbaut, demselben von Außen zugeführt, alle Ausgaben durch Einnahmen von Außen her ersetzt werden. Die Thätigkeit des lebenden Organismus muß sich nothwendiger Weise auf die

Umsetzung und verschiedenartige Combinirung der eingeführten Grundstoffe beschränken.

Eine Neuerzeugung von Materie findet in dem Körper eben so wenig Statt, als sonst irgendwo in der Welt. In vielen Köpfen spukt freilich noch die Ansicht, als könne der Organismus Stoffe erzeugen, als könne er Eisen, Kali, Kalk oder sonst irgend einen chemischen Grundstoff aus dem Nichts schaffen. Man kann jetzt dreist behaupten, daß nur die Unwissenheit, die nicht sehen und hören will, Vorstellungen dieser Art mehr oder minder klar ausgeprägt hegen kann, Vorstellungen, die sich darauf stützen, daß diese Grundstoffe in anderer Form dem Organismus zugeführt und in diesem in eine neue Gestalt umgeprägt werden. Wir müssen demnach alles dasjenige, was in der Zusammensetzung des Organismus aufgefunden und aus demselben durch den Stoffverbrauch ausgeführt wird, wieder ersetzen, und wir können diejenigen Stoffe, welche zu diesem Ersatze dienen, als Nahrungsmittel im weitesten Sinne des Wortes bezeichnen. So gehören denn ebenso das Wasser und die unorganischen Bestandtheile, wie die eiweißartigen und stickstofflosen Stoffe, zu den nothwendigen Nahrungsmitteln, ohne deren Einführung der Organismus zu Grunde gehen würde. Daß alle diese Stoffe, diese Nahrungsmittel im weitesten Sinne des Wortes, nöthig seien, geht leicht aus dem Wesen des lebenden Organismus hervor. Hier ist nichts stabil; es ist keine Ernährung denkbar ohne Zerstörung auf der einen Seite und Bauen auf der anderen; das gebildete Muskelfleisch, die vorhandene Faser sind nicht zu ewiger Dauer bestimmt, sondern werden stets wieder zerstört und neu gebildet. Diesen ewigen Umschwung, diesen steten Wechsel der Materie hat schon das Volk sehr wohl begriffen, wenn es einfach behauptet : der Mensch erneuere sich alle sieben Jahre gänzlich; — die Physiologen sind freilich noch nicht so weit gekommen, den Zeitpunkt mit völliger Sicherheit bestimmen zu können, finden aber doch weit geringere Zeiträume für diese Erneuerung.

Die stickstoffhaltigen Substanzen, welche wir mit dem Namen der **Blutbildner** bezeichneten, und von denen wir in dem Blute selbst zwei Haupttypen: den Faserstoff und das Eiweiß, erkannten, sind namentlich in den thierischen Körpern in größter Menge angehäuft. Alle Organe des Körpers ohne Ausnahme sind mit eiweißhaltigem Wasser, das unmittelbar aus der Blutflüssigkeit herkommt, durchdrungen. In den meisten Organen findet sich auch noch mehr oder minder geronnenes Eiweiß, wie namentlich im Gehirne und den Nerven. Die große Masse des Muskelfleisches der Thiere besteht aus Faserstoff, der freilich nicht ganz dieselben Eigenschaften zeigt, wie der Faserstoff des Blutes; auch die Hornstoffe und die leimgebenden Gebilde haben einige Aehnlichkeit mit den Eiweißstoffen und können wahrscheinlich unmittelbar aus denselben hervorgehen. Man sieht demnach, daß der Körper in seinen wesentlichsten Theilen und seiner großen Masse nach aus diesen Stoffen zusammengesetzt ist, und daß die Zufuhr derselben die erste und wesentlichste Grundbedingung einer zweckmäßigen Nahrung sein muß. Blut und Fleisch der Thiere bieten die unmittelbare Regeneration dieser Stoffe dar. Es giebt aber außerdem noch eine Menge von Nahrungsmitteln, welche dieselben in bedeutender Quantität enthalten und die man deßhalb nicht mit Unrecht die plastischen Nahrungsmittel genannt hat, indem aus ihnen vorzugsweise die Neubildung des Plasma oder der Blutflüssigkeit mit ihrem Eiweiß- und Faserstoffgehalte hervorgeht. So sehen wir denn außer Fleisch und Blut in den Eiern das Eiweiß, in der Milch den Käsestoff als wesentlich plastischen Bestandtheil, und in den meisten Pflanzen, ja man kann sagen in jedem lebensthätigen Pflanzentheile, finden wir plastische Bestandtheile in größerer oder geringerer Quantität. Das Pflanzeneiweiß zeigt sich in löslichem Zustande in allen Pflanzensäften, wenn auch nur in geringer Quantität. Der Pflanzenfaserstoff ist nicht minder allgemein verbreitet, und sondert sich gewöhnlich mit Blattgrün vermischt aus den frischen Pflanzensäften unmittelbar nach ihrer Auspressung in Form eines gelatinösen Niederschlages ab. In

den Gräsern, in deren Saft dieser Stoff am reichlichsten vertreten ist, scheint er sich nach und nach in eine verwandte Substanz umzusetzen, die man den Kleber genannt hat, die besonders in dem Getreide in bedeutender Menge vorkommt. Aus dem Weizenmehle, in dem dieser Stoff am reichlichsten vorhanden ist, erhält man ihn einfach dadurch, daß man das Mehl in einem Beutel von grober Leinwand unter beständigem Wasseraufgießen so lange knetet und verarbeitet, bis das abfließende Wasser nichts mehr mit sich führt. In den Samen der Hülsenfrüchte, der Erbsen, Bohnen und Linsen, findet sich endlich eine bedeutende Quantität eines eigenthümlichen Stoffes, den man mit dem Namen Legumin, Erbsenstoff oder Pflanzen-Caseïn belegt hat, weil er in der That mit dem Käsestoff der Milch viel Aehnlichkeit hat. Es unterliegt keinem Zweifel, daß alle diese Stoffe durch die chemische Thätigkeit der verschiedenen Organismen ineinander übergeführt werden können, daß z. B. Säuglinge, die in der Muttermilch nur Käsestoff erhalten, aus demselben den Faserstoff ihres Blutes und ihrer Muskeln, das Eiweiß ihrer Organe bereiten, und daß andrerseits eine säugende Frau, die sich nur von Brod und anderen pflanzlichen Stoffen nährt, aus diesen Stoffen nicht nur Blut und Fleisch ihres eigenen Körpers, sondern auch den Käsestoff ihrer Milch bereitet.

Auf diese Thatsachen fußend hat man schon öfter versucht, die verschiedenen Nahrungsmittel hinsichtlich ihres Werthes für die Ernährung zusammenzustellen, und hierbei als wesentlichen Punkt den Gehalt derselben an blutbildenden oder plastischen Stoffen in das Auge zu fassen. Ganz genau kann eine solche Zusammenstellung nicht sein, da einerseits Form und Löslichkeit der Stoffe verschieden sind, so daß wir nicht im Voraus wissen können, welche Verdauungskraft der Organismus zur Bewältigung der dargebotenen Nahrung aufwenden muß, und da wir andererseits auch nicht berechnen können, welcher Kraftverbrauch nöthig ist, um den einen der blutbildenden Stoffe in den anderen überzuführen. Indessen liefern solche übersichtliche Zusammenstellungen der Nahrungsmittel doch wenigstens der Wahrheit sich

nähernde Resultate, die um so mehr beachtet sein wollen, wenn es sich nicht nur um das Individuum, sondern auch um die Verproviantirung im Großen handelt. Man gestatte mir ein Beispiel hier anzuführen. Bei einer Theuerung ließ die Regierung von Bern in Genua Reis ankaufen und pries sich und ihre Weisheit, als ihr gelungen war, den Reis fast zu demselben Preise zu erhalten, wie den damals sehr theuren Weizen, welchen man durch den Reis ersetzen wollte. Man braucht nur einen Blick auf die nachfolgende Tabelle zu werfen, um sich zu überzeugen, daß der Reis nur ein Dritttheil der blutbildenden Stoffe enthält, die in dem Weizenmehle vorkommen, und daß, abgesehen von der Form des Brodes, in welche der Reis gar nicht gebracht werden kann, die Regierung von Bern in angestammter gouvernementaler Unwissenheit für dieselbe Menge von nährenden Stoffen, welche sie beim Ankaufe von Weizen hätte erhalten können, das Dreifache an Geld ausgab.

Nutritionsscale nach dem Reichthume der Nahrungsmittel an eiweißartigen Verbindungen im frischen Zustande:

	Prozentzahl der Blutbildner in frischem Zustande.	Prozentzahl des Wassergehaltes.
Käse (friesischer)	68	32
„ (schweizer)	62	28
Eisubstanz ohne Schale . .	20	57
„ mit Schale . . .	18	52
Eigelb	15,76	51,48
Eiweiß	12—13,8	85
Fleisch von Säugethieren . .	14—16	77
„ von Fischen . . .	12—14	80
Muttermilch	5,4 — 1,9	91,4 —86,1
Milch von Kühen	7,2 — 6,7	85,7 —82,3
Eselsmilch	1,6 — 1,9	90
Weizenmehl	11,69—19,17	12,73—13,85
Roggenmehl	10,34—15,96	13,78—14,68
Reis	6,27— 3,8	15,14
Buchweizenmehl	5,84	15,12
Gerste	12,26—15,35	16,79—13,80
Erbsen	24,41	13,43—19,50
Bohnen	24,71	13,41
Große weiße Bohnen . . .	24.67	15,80
Linsen	26,50	13,01
Weiße Kartoffeln	2,49	74,95

	Prozentzahl der Blutbildner in frischem Zustande.	Prozentzahl des Wassergehalts.
Blaue Kartoffeln	2,37	68,94
Möhren	1,48	86,10
Rothe Rüben	2,83	81,61
Gelbe Rüben	1,54	83,28
Kohlrüben	1,54	87,78
Zwiebeln	0,46	93,78

Eine zweite Klasse von Nahrungsstoffen bieten die stickstofflosen Substanzen, die **Fettbildner**, die man auch, obwohl nicht ganz mit Recht, die Respirationsmittel genannt hat. Wir kennen im thierischen Organismus von stickstofflosen Substanzen eigentlich nur die Fettarten. Man hat sich gewöhnt, dieselben als etwas Wandelbares zu betrachten, und, verleitet durch die bei verschiedenen Individuen so äußerst verschiedene Fettanhäufung im Zellgewebe, zwischen den Muskeln und Eingeweiden, hat man das Fett nur als einen accidentiellen Stoff betrachten wollen. Zum Theil hat dies seine Richtigkeit; — aber auch nur zum Theil, denn Fett gehört eben so nothwendig zur Zusammensetzung fast aller Formelemente, die wir im Körper finden, als Faserstoff und Eiweiß. Das Gehirn und die Nervensubstanz, das Drüsengewebe, selbst das Muskelfleisch und die Haut; — alle Gewebe fast ohne Ausnahme enthalten eine gewisse, mehr oder minder große Menge Fett als nothwendigen Bestandtheil. Daß dieses nothwendige Fett denselben Gesetzen der Ernährung unterliegen müsse, wie die stickstoffhaltigen Bestandtheile, kann keinem Zweifel unterliegen; daß demnach die Speisen ebenfalls Fett oder in Fett wandelbare Stoffe liefern müssen, ist ein nothwendiges Bedürfniß der Existenz des Organismus. Allein dieser nimmt mehr, als er unumgänglich nöthig hat, von diesen Stoffen auf, er übersättigt sich damit, er setzt sie in den Zwischenräumen des Zellgewebes in Form von Fett ab, um sie zu allenfallsigem Gebrauche bereit zu haben.

Ist dieses richtig, so geht daraus unwiderleglich hervor, daß die stickstofflosen Bestandtheile der Nahrungsmittel nur dann als Ersatzmittel für den Stoffverbrauch im Organismus ange-

sehen werden können, wenn es möglich ist, ihren Uebergang in Fett nachzuweisen. Was nicht Fett werden kann, findet keine Anwendung im Organismus, und wird deßhalb entweder gar nicht aufgenommen, oder wenn die Substanz physikalischen Gesetzen zufolge von den Gefäßen ausgesaugt wird, so schaffen die Absonderungsorgane sie auch unverändert aus dem Organismus wieder hinaus. Die fleischfressenden Thiere erhalten Fett unmittelbar in ihrer Nahrung, und zwar meistens noch im Ueberschusse, da im Allgemeinen die grasfressenden Thiere, welche ihnen zur Beute dienen, durch reichliche Fettentwicklung sich auszeichnen. In dem Pflanzenreiche sind es hauptsächlich die Samen, welche eine bedeutende Menge von Fett enthalten, und viele Pflanzen, wie Mohn, Lein, Oliven, Sesam, Reps, werden lediglich des Oelgehaltes ihrer Früchte und Samen wegen angebaut. Auch die gewöhnlichen Gräser und grünen Pflanzentheile enthalten eine geringe Quantität von Fett, die aber nicht hinreicht, um die Fettentwicklung in vielen pflanzenfressenden Thieren zu erklären. Man fragte sich also, woher dieses Fett, welches namentlich bei der Mästung in so großer Quantität erzeugt und im Körper der gemästeten Thiere abgesetzt wird, stammen könne.

Ich berühre hier den heftigen Streit, welcher vor nicht langer Zeit zwischen Frankreichs und Deutschlands chemischen Koryphäen geführt wurde und wo endlich, nach hartem Kampfe, das linke Rheinufer sich überwunden erklären mußte. Die Einen, auf die Thatsache fußend, daß die stickstoffhaltigen Substanzen, welche wir in unserer Nahrung einnehmen, nur dann wirklich ernährend und Verluste ersetzend sich zeigen, wenn sie in ihrer Zusammensetzung mit den im Körper vorhandenen Stickstoffverbindungen identisch sind; Thatsache, welche von beiden Partheien als gegründet anerkannt wurde —; die Einen, sagte ich, dehnten diese Thatsache zum allgemeinen Gesetz aus und behaupteten, der thierische Organismus schaffe in der Verdauung überhaupt gar nichts um, er bewirke keine neuen Verbindungen, sondern ziehe die ihm nothwendigen Stoffe aus den Nahrungsmitteln

nur aus und gebe ihnen die passende Form. Das Pflanzenreich, behaupteten sie, sei das große Laboratorium der organischen Verbindungen im Allgemeinen; in den Pflanzenzellen würden der Faserstoff, das Eiweiß, die Fette, kurz alle thierischen Bestandtheile bereitet und auf diese Weise den pflanzenfressenden Thieren fertig geboten, welche durch ihre Verdauung diese Stoffe nur auszögen und in ihrem Organismus verwendeten. Auch das Fett, welches in der Mast befindliche Thiere ansetzten, werde nicht von ihnen aus anderen Stoffen bereitet, sondern sei schon in den gebotenen Nahrungsmitteln als fettähnlicher Stoff (meist Pflanzenwachs) angehäuft. Zum Beweise dieser Ansicht lieferte man neue Analysen der Pflanzennahrung, des Wälschkorns, Heues u. a. m., und wies in der That eine größere Quantität fettiger Stoffe in diesen Materien nach, als man bisher angenommen hatte. Derjenige deutsche Chemiker indeß, welcher zuerst die Behauptung aufgestellt hatte, daß der Thierorganismus in der That aus Zucker, Stärkemehl und andern stickstofflosen Substanzen Fett bereiten könne, und sich dabei namentlich auf bekannte Erfahrungen über die Wachserzeugung der Bienen und auf das Mästen der Thiere im Allgemeinen berufen hatte, wies einfach nach, daß die Exkremente einer milchenden Kuh eben so viel Pflanzenwachs enthielten, als sie in der Nahrung bekam, und dadurch war auch seine Behauptung bewiesen. Jetzt, wo die französischen Chemiker sich durch eigene Versuche überzeugt haben, daß die Bienen wirklich in ihrem Innern den Zucker in Wachs verwandeln; jetzt, wo ein unpartheiischer, im Elsaße wohnender Beobachter nachgewiesen hat, daß die Gänse in der That aus dem Stärkemehl und Zucker des Wälschkorns, die Schweine aus dem Stärkemehl der Kartoffeln Fett bereiten; jetzt kann kein Zweifel mehr über die Thatsache sein, daß der Organismus zum Theil sich seine Stoffe und namentlich das Fett aus anderen ihm dargebotenen Verbindungen schafft.

Auf welche Weise indeß diese theilweise Umbildung der Nahrungsmittel bewerkstelligt werde, dies ist auf jeden Fall noch

nicht dargethan : das Endresultat kennen wir, das Verfahren ist uns noch Geheimniß.

Einen Anknüpfungspunkt zur Entscheidung dieser Frage scheinen einige neuere Untersuchungen bieten zu wollen. Schweine, mit fettlosen, aber stärkemehlhaltigen Substanzen gefüttert, wurden nicht fett; Enten, denen man fettlosen Reis zur Nahrung gab, blieben mager wie zuvor. Fügte man aber eine kleine Quantität Fett zur Nahrung zu, so wurde nicht nur diese aufgenommen, sondern auch das Stärkemehl selbst in Fett umgewandelt und dieses in großer Menge in dem thierischen Körper abgesetzt. An diese Resultate, die durch eine große Reihe genauer Untersuchungen gewonnen wurden, knüpfen sich noch einige andere Thatsachen derselben Art. Bienen mit reinem Zucker genährt bildeten kein Wachs; wurde ihnen aber Honig gereicht, in welchem sich eine höchst kleine Menge Wachs findet, so erzeugten sie Wachs in bedeutender Quantität. Die Gelatine, welche vor einiger Zeit als Ersatzmittel der Fleischbrühe angerühmt wurde, hat sich als durchaus unnütz erwiesen, indem sie die eiweißartigen Stoffe nicht ersetzen konnte; — einigen älteren Versuchen zu Folge aber soll sie nährend wirken, wenn ihr eine kleine Menge Fleischbrühe beigesetzt wird. Es scheint, als ob die geringen Quantitäten von Fett, von Fleischbrühe, die man stärkemehlhaltigen, gelatinösen Substanzen in der Nahrung beimischt, wie eine Art Hefe wirken, wodurch der Umsatz des fremdartigen Stoffes bedingt wird, und es wird jetzt als eine der ersten Aufgaben der physiologischen Chemie zu betrachten sein, zu erörtern : welchen Einfluß diese Beimischungen sehr kleiner Mengen gewisser Stoffe auf die Umwandlung der Nahrungsmittel im Großen haben.

Die Entwicklung der ölhaltigen Pflanzensamen mußte schon bei genauerer Ueberlegung darauf hinweisen, daß durch den Vegetationsprozeß das Stärkemehl in Fett übergeführt werden kann. Alle diese Samen enthalten in ihrem Jugendzustande, bevor sie vollständig entwickelt sind, eine bedeutende Menge von Stärkemehl, das allmählich verschwindet und durch Oel ersetzt

wird. Da diese Umwandlung nur durch Verlust von Sauerstoff erklärt werden kann, indem das Fett weit weniger Sauerstoff enthält, als das Stärkemehl, so ist es gewiß nicht ohne Bedeutung, daß die fett- und wachsartigen Stoffe bei den Pflanzen am meisten in den äußeren Schichten nahe an der Oberfläche liegen, die bekanntlich unter dem Einflusse des Sonnenlichtes Sauerstoffgas ausscheidet.

Die stärkemehlhaltigen Körper, welche, wie aus dem Obigen hervorgeht, in dem thierischen Organismus in Fett übergeführt werden können, und die wir deßhalb auch mit dem Namen der Fettbildner bezeichneten, sind in dem pflanzlichen Organismus ganz allgemein verbreitet. Der Stoff, aus dem die jugendlichen Pflanzenzellen bestehen, das Stärkemehl, welches hauptsächlich in denjenigen Pflanzentheilen überreichlich angehäuft ist, die dem Lichte nicht ausgesetzt sind, und das mehrere Abarten zeigt, das Dextrin, welches durch die Einwirkung von Diastase, einem eigenthümlichen Gährungsstoffe, aus Zellstoff und Stärkemehl hervorgeht : alle diese Substanzen bilden eine eigenthümliche Reihe von Körpern, die keinen Stickstoff enthalten und die durch fortgesetzte Einwirkung der Gährungsstoffe in Zucker übergeführt werden. Die verschiedenen Zuckerarten, von welchen der Trauben- oder Krümmelzucker der am weitesten verbreitete ist, bilden gewissermaßen das Ziel der Umwandlungen, die in dem pflanzlichen Organismus durch Einwirkung der Gährungsstoffe und der Pflanzensäuren auf das Stärkemehl hervorgebracht werden. Der Zucker selbst aber ist ein höchst unbeständiger Stoff, der, wie man weiß, durch fortgesetzte Einwirkung der Fermente in Weingeist und Essigsäure, durch weinige und saure Gährung übergeführt werden kann. Alle diese Umwandlungen, welche die Chemie nach allen Seiten hin erforscht hat, sind für uns von geringerem Interesse; während die Erforschung der Frage : durch welche Zwischenstufe der Zucker in Fett übergeführt wird, für die Physiologie von der größten Wichtigkeit ist. Wir sahen oben bei der Analyse des Verdauungsprozesses, daß die stärkemehlartigen Körper in dem Darmkanale durch den Einfluß des

Speichels, des Bauchspeichels und des Darmsaftes in Zucker umgewandelt werden. Von den Zwischenstufen zwischen Zucker und Fett, das wir als Endresultat dieser Umwandlung im Organismus kennen, ist nur so viel bekannt, daß Traubenzucker durch Behandlung mit thierischen Hefen in Milchsäure und dann in Buttersäure übergeführt wird, eine Umwandlung, die sicher auch in dem Darmkanale vor sich geht, da bei Fütterung mit stärkemehlhaltigen Substanzen stets eine bedeutende Buttersäurebildung in den Gedärmen bemerkt wird. In welcher Weise diese Buttersäure in Fett übergeht, dies nachzuweisen wird vielleicht einer späteren Zeit gelingen.

Man hat hinsichtlich des Gehaltes der Nahrungsstoffe an stärkemehlartigen Körpern ähnliche Tabellen entworfen, wie die oben hinsichtlich der stickstoffhaltigen Bestandtheile mitgetheilte. Eine solche Tabelle hat insofern einen praktischen Werth, als sie hauptsächlich den Maßstab des Effektes giebt, welchen man bei Fütterung solcher Substanzen für die Mästung oder Fettbildung erzielt. Man wird bei Vergleichung dieser Tabelle mit der früher mitgetheilten finden, daß die Stoffe fast die umgekehrte Reihenfolge einnehmen, und wenn man nur etwas weiter die gemischten Nahrungsmittel berücksichtigt, die der Mensch zu sich nimmt, so wird man finden, daß fette Leute stets mehr Neigung zu denjenigen Nahrungsmitteln zeigen, welche vorzugsweise aus den in der folgenden Tabelle voranstehenden Substanzen entnommen sind, während magere Menschen mehr auf die der früheren Tabelle angehörigen Nahrungsmittel sich werfen.

Gehalt an Stärkemehl und Blutbildnern der bei 100° getrockneten Substanz.

	Prozentzahl des Stärkemehls.	Prozentzahl der Blutbildner.
Reis	85,87	7,40
Maismehl	77,74	13,66
Weizenmehl Nr. 1	65,21	19,16
" Nr. 2	66,93	13,54
" Nr. 3	57,70	21,97
Buchweizenmehl	65,05	6,89

	Prozentzahl des Stärkemehls.	Prozentzahl der Blutbildner.
Gerstenmehl	64,63	—
Roggenmehl Nr. 1	61,26	11,94
„ Nr. 2	54,84	17,71
„ Nr. 3	57,07	—
Linsen	39,62	—
Erbsen	38,81	28,22
Bohnen	37,71	28,54

Schon oben deuteten wir darauf hin, daß auch die anorganischen Bestandtheile, die unser Körper enthält, durch die Nahrungsmittel zugeführt werden müssen, da diese Bestandtheile nicht minder, wie die organischen, für den Organismus und die Forterhaltung seines Lebens wesentlich sind. Unsere Knochen enthalten eine große Menge erdiger Bestandtheile, namentlich phosphorsauren Kalk; unser Blut Eisen und eine Menge alkalischer Salze; alle unsere Sekretionen : Harn, Galle 2c. enthalten eine bestimmte Quantität feuerbeständiger Salze, welche man meist durch Verbrennung als Asche bestimmt. Alle diese Salze kann der Organismus nicht erschaffen, sie müssen ihm in der Nahrung geboten werden. Der Gebrauch des Kochsalzes ist keine Zufälligkeit, sondern tief in den Ernährungsgesetzen unseres Körpers begründet; bei der Gegenwart von Kochsalz im Magensafte geht die Verdauung weit schneller und vollständiger vor sich; ohne Salzsäure ist sie nur äußerst unvollständig. Es ist jedem Landwirthe bekannt, daß Hühner nur schlecht und wenig Eier legen, wenn man sie verhindert, den Kalk an den Mauern zu picken; sie bedürfen dieses Kalkes zur Construktion der Eischalen. Ein Kind, welches sein Skelett baut, bedarf einer bedeutenderen Menge phosphorsaurer Kalkerde, als ein Erwachsener, und die Thatsache, daß scrophulöse und rachitische Kinder gerne Erde und Kalk essen, findet ganz einfach in dem Umstande seine Erklärung, daß die Absonderungen dieser Kinder eine bedeutende Menge von Kalksalzen enthalten und sie demnach das Bedürfniß fühlen, diesem Abgange entgegen zu arbeiten.

Soll demnach die Kost wirklich nährend für den Organismus sein, so müssen sich darin, vom chemischen Standpunkte aus, drei Bedingungen verwirklichen: die gebotenen Substanzen müssen Blutbildner zur Ernährung der stickstoffhaltigen, Fett oder in Fett wandelbare Stoffe zum Ersatz der stickstofflosen Körperbestandtheile, und eine angemessene Quantität der im Körper vorkommenden anorganischen Salze enthalten. Länger fortgesetzte Entbehrung einer jeden Bedingung tödtet unausbleiblich den Organismus, der sich selbst zerstört, um seinen Ausgaben zu genügen. Indeß erfolgt der Tod bei ausschließlicher Ernährung mit einer oder der anderen Klasse von nothwendigen Stoffen nicht in derselben Zeit. Eine Ernährung, in welcher die Blutbildner fehlen, ist fast mit völligem Hungern gleichzusetzen; Hunde, welche man mit reinem Zucker, Stärke oder Gummi fütterte, starben fast zu derselben Zeit, wie andere, welche nur reines Wasser erhielten und auf diese Weise den Hungertod starben. Fütterung mit reinen Blutbildnern, Faserstoff oder Eiweiß, erhielt das Leben zwar länger, allein auch nicht auf die Dauer, und es ist leicht einzusehen, daß diese längere Erhaltung auf dem Umstande beruht, daß jeder thierische Organismus eine gewisse Menge überflüssigen Fettes, gleichsam als Reserve, bewahrt, wovon er in geeignetem Falle Gebrauch machen kann. Versuche über Fütterung mit Substanzen, welche keine unorganischen Salze lieferten, hat man bis jetzt nur an Vögeln angestellt; die Thiere starben erst nach verhältnißmäßig langer Zeit, und bei der Sektion fanden sich ihre Knochen erweicht, verdünnt, durchlöchert, ihrer erdigen Bestandtheile beraubt.

Die chemische Zusammensetzung der Nahrungsmittel, ihr Gehalt an Blutbildnern, Fett und anorganischen Salzen reicht aber noch nicht hin, die Stoffe zum Genusse tauglich zu machen; ein wesentliches Erforderniß ist noch, daß die F o r m, in welcher sie geboten werden, auch den Verdauungskräften angemessen sei. Auf Erzielung dieser leichteren Auflöslichkeit der Nahrungsstoffe sind jene vorgängigen chemischen Operationen gerichtet,

welche wir unter dem Namen der Kochkunst begreifen. Theils durch die Zerkleinerung und zweckmäßige Mischung, theils durch Einwirkung der Wärme bringen wir unsere Speisen in einen Zustand, wo die Verdauungskräfte in weitester Ausdehnung auf sie wirken können, und je nachdem schon die organische Substanz an und für sich leichter oder schwerer durch die Verdauungsflüssigkeiten auflösbar ist, unterscheiden wir leicht oder schwer verdauliche Speisen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß auch diese Verhältnisse nach genauen chemischen Analysen der in Betracht kommenden Agentien klar gemacht werden können; allein einerseits stehen unsere Kenntnisse der Zusammensetzung der Nahrungsmittel noch nicht auf der nöthigen Stufe der Vollendung, während andrerseits die Verdauungsflüssigkeit individuelle Abweichungen zeigen kann und zeigt, deren Gränzen wir noch nicht kennen. Ja selbst bei durchaus ähnlichen Stoffen treten Verhältnisse ein, die durch die heutige Chemie noch nicht enträthselt werden können. Ochsenfleisch und Kalbfleisch zeigen keine verschiedene chemische Zusammensetzung, und dennoch ist das eine weit leichter verdaulich, als das andere. Es scheint, als walten hier dieselben Erscheinungen mit, welche sich in der unorganischen Natur bei dem Isomerismus zeigen, der bekanntlich darin besteht, daß ganz gleich zusammengesetzte Körper verschiedene chemische Eigenschaften zeigen können. Frisch gefällte Thonerde löst sich mit größter Leichtigkeit in Säure auf, getrocknet und geglüht wird sie fast durchaus unlöslich, und dennoch ist es derselbe Körper. So mag es auch bei vielen Nahrungsmitteln sein : sie enthalten dieselben chemisch gleich zusammengesetzten Körper, aber in mehr oder minder löslichen Modifikationen, und sind deßhalb leichter oder schwerer verdaulich.

Die Kenntniß der Nahrungsmittel von diesem Gesichtspunkte aus ist aber von der höchsten praktischen Wichtigkeit und von alten Zeiten her hat man schon auf verschiedenen Wegen zu solcher Kenntniß zu kommen gesucht. Der Erbsenbrei und das Pöckelfleisch, die einen Matrosen trefflich nähren, würden einen am Nervenfieber oder Schwäche des Magens leidenden

Kranken ohne Weiteres tödten. Ein Jeder zwar kennt mehr oder weniger aus Erfahrung, was ihm zusagt und was nicht; aus der Vergleichung dieser Erfahrung sind allgemeine Regeln der Diät hervorgegangen, welche überall so ziemlich dieselben sind. Versuche von wirklich wissenschaftlichem Werthe über diese Frage sind aber erst in neuester Zeit gemacht worden, und vielleicht, daß sich auf die eine oder andere Weise Gelegenheit bietet, sie zu vervollständigen.

Ein canadischer Arzt hatte zu seiner Disposition einen Jäger, dem in Folge einer bedeutenden Schußwunde eine Oeffnung im Magen zurückgeblieben war, durch welche man sich über alle Vorgänge in diesem Organe leicht Auskunft verschaffen konnte. Sobald der Mann eine Mahlzeit zu sich genommen hatte, so wurden die Fortschritte der Verdauung beobachtet und der Zeitpunkt bestimmt, wo die Umwandlung der Nahrung in vollkommenen Speisebrei vollendet war. Die Resultate dieser Untersuchungen können nicht allgemein bindend sein, da der individuellen Abweichungen zu viele sind; allein ich halte ihre Aufführung für um so zweckmäßiger, als sie eben einen Maßstab zur Vergleichung der Thatsachen mit den herrschenden Ansichten geben. Zur vollständigen Umwandlung in Speisebrei bedurften : Gekochte Schweinsfüße, gebratener Ochsenmagen, gekochter Reis 1 Stunde; weiche süße Aepfel, geschlagene Eier, gekochte Lachsforelle, Gerstensuppe, gebratene Lachsforelle, geröſteter Hirsch 1 St. 30 M.; gekochter Sago, gekochtes Gehirn 1 St. 45 M.; mit Essig angemachter Kohl, weiche saure Aepfel, gekochter Tapioka, gekochte Milch, rohe Eier, trockener gesottener Stockfisch, gebratene Ochsenleber, kalte Milch mit Brod, gekochte Gerste 2 Stunden; frische Milch 2 St. 15 M.; gekochte Gallerte, Zuckerbrod, gekochter Pastinak, roher Kohl, Truthahn, geröstet und gesotten, Haché mit Kartoffeln, geröstete Kartoffeln, wilde Gans, geröstet, Spanferkel, gesottene Bohnen 2 St. 30 M.; gekochtes Rückenmark 2 St. 40 M.; Eier und Milchpudding 2 St. 45 M.; rohe harte saure Aepfel 2 St. 50 M.; rohe Austern 2 St. 55 M.; weich gesottene Eier, geschmortes Hammelfleisch, frisches mageres

Ochsenfleisch geröstet, Beafsteak, roher Schinken, gebratener Barsch, gesottene Bohnen, Kuchen, gebratenes Rindfleisch 3 St.; gekochte gelbe Rüben, geröstetes Hammelfleisch 3 St. 15 M.; gebratene Butter, zerlassene Butter, Hammelfleischsuppe, frisches Weizenbrod, Austernsuppe, gekochte weiße Rüben, Bratwurst, fettes Rindfleisch, gekocht, alter Käse, hart gesottene Eier, gedämpfte Austern, gekochte Kartoffeln 3 St. 30 M.; gesottenes Ochsenfleisch mit Salz 3 St. 35 M.; Butterbrod mit Kaffee, türkisch Korn gekocht, gekochte Bohnen, gebratenes Hammelfleisch 3 St. 45 M.; geröstetes Schweinefleisch 3 St. 50 M.; gebratenes Rindfleisch, gekochtes Geflügel, gekochter gesalzener Lachs, gebratenes Herz, gekochte Hühner, gebratenes Kalbfleisch, Rindfleischsuppe, trockenes Brod und Kaffee, gebratene Ente 4 St.; gekochte Knorpel 4 St. 15 M.; frisch gesalzenes Schweinefleisch, gekocht, Hammeltalg, gekochter Kohl, gebratene Wildente 4 St. 30 M.; gekochte Sehnen und Ochsentalg 5 St. 30 M.

Ein anderer Beobachter benutzte die Fähigkeit, die er besaß, durch Lufteinschlucken sich willkürlich zu erbrechen, um Untersuchungen über seine Verdauung anzustellen. Er nahm bestimmte Mahlzeiten ein und erbrach sie nach einer gewissen Zeit wieder, um den Grad ihrer Chymificirung zu untersuchen. Hierbei ergaben sich als leicht verdauliche Substanzen, d. h. als solche, welche im Magen binnen 1—1½ Stunden in einen Brei verwandelt werden: Spinat, Selleri (mit Ausnahme der Strünke), Spargel, Hopfen, Berghopfenkeime, Artischocken, aus verschiedenen Obstsorten bereitetes Muß, Brei von Getreidekörnern, Roggen, Gerste, Mais, Reis, Erbsen, Bohnen, Kastanien, einen Tag altes Brod und alle Art von Gebäck, das keine Butter enthielt, Rüben, Kartoffeln, arabischer Gummi, Kalbfleisch, Hahn, junges Schöpsenfleisch, frisch gelegte und weich gesottene Eier, Kuhmilch und in Wasser gekochte, mit Salz und Petersilie versehene Barsche. Zu den minder verdaulichen Substanzen, d. h. zu denen, welche nach 1—1½ Stunden unvollständig chymificirt waren, gehörten die rohen Kräuter des Salates, der Huflattig, der Löwenzahn, die Brunnenkresse, die

Cichorie, der Weißkohl, der Mangold, die gekochten und die rohen Zwiebeln, Meerrettig, rothe und gelbe Rüben, das Fleisch von nicht saftigem Kernobste, neu gebackenes Brod, frische und trockene Feigen, Pasteten, Schweinefleisch und alle daraus bereiteten Speisen, gekochtes Blut, hartgesottene Eier und Eierkuchen. Als Nahrungsmittel endlich, welche innerhalb der gewöhnlichen Zeit von 4 Stunden nicht verdaut wurden, zeigten sich Champignons, Morcheln, Trüffeln, welsche Nüsse, Haselnüsse, Mandeln, Pinien, Pistazien, Rosinenkerne, Kerne von Birnen, von Aepfeln, von Pomeranzen, von Johannisbeeren, von Citronen, von Oliven, Cacaobohnen, ausgepreßte fette Oele von Nüssen, Mandeln, Haselnüssen und Oliven, trockene Rosinen, die Hülsen der Erbsen, der Bohnen, der Linsen, des Roggens, der Gerste, die Schoten von Erbsen und Bohnen, die Haut der Kirschen, der Aprikosen, der Pflaumen, der Pfirsichen, der Prunellen, die Schale des Kernobstes, der Beeren, der Aepfel, der Birnen, der Johannisbeeren, der Stachelbeeren, der Pomeranzen, der Citronen, Orangeat, Citronat, die Samenbehälter der Birnen und der Aepfel, die Kerne der Pflaumen und der Kirschen, die sehnichten und häutigen Theile des Rindes, des Kalbes, des Schweines, des Geflügels, des Rochens, die Knochen, die fettigen und öligen Substanzen dieser Thiere und das Eiweiß von hart gekochten Eiern. Durch einen Zusatz von Oel oder Fett wurden auch in diesem Falle alle Nahrungsmittel schwerer verdaulich. Gebratener oder mit Oel, Wein oder weißer Brühe zubereiteter Barsch ging schwerer als in Wasser gesottener in Chymus über. Ein Zusatz von Sauerampfer zu dem Spinate verminderte die Verdaulichkeit des letzteren. Die Digestion der Breiarten, von Aepfeln, Birnen, Pflaumen u. dgl. wurde durch einen Beisatz von Zucker und Zimmt begünstigt. Schwarzbrod verdaute sich schlechter als weißes, frisches schwerer als einen Tag altes; gesalzenes Gerstenbrod leichter als ungesalzenes, Buchweizenbrod schwieriger als Brod von reinerem Mehl. Die Brodrinde soll eben so verdaulich als das weiche sein. Alle jüngeren Thiere wurden wiederum leichter als ältere verdaut.

Als Substanzen, welche die Digestion verzögern, fand Gosse viel lauwarmes Wasser, Säuren, Adstringentien wie China, alle fetten Speisen, Abkochung von Solanum dulcamara, mineralischen Kermes und Sublimat. Als Beförderungsmittel der Digestion ergaben sich Kochsalz, Pfeffer, Zimmt, Muskaten, Nelken, Senf, Meerrettig, Rettig, Kapern, Wein, geringe Menge Liqueurs, alter Käse, Zucker und verschiedene, bittere Dinge.

Man sieht, der Genfer Arzt und der canadische Jäger verdauten nicht in gleicher Weise, und es bedürfte einer großen Menge vergleichender Versuche mit verschiedenen Individuen, um die allgemeinen zur Basis dienenden Regeln aufstellen zu können. Bis dahin wird die Diätetik stets mehr oder minder dem reinen Empirismus verfallen bleiben und der Arzt seinen Reconvalescenten diejenige Speise als die verdaulichste rathen, die er selbst am leichtesten verdaut. Die Wahl der Nahrungsmittel an sich ist aber nicht nur individuell höchst wichtig, sondern auch in politisch-ökonomischer Rücksicht eine wichtige und weltbewegende Frage. Die Produktion der Nahrungsmittel steht in der engsten Beziehung zu dem Grade der Cultur und Civilisation, zu welcher sich die Menschheit erhoben hat, und der Hauptzweck der Landwirthschaft, welche insofern die Basis einer jeden Civilisation bildet, als sie nothwendig feste Wohnsitze voraussetzt, beruht auf der größtmöglichsten Produktion von Nahrungsstoff auf einem gegebenen Raum der Erdoberfläche. Da aber nicht alle Produkte der Landwirthschaft in gleichem Maße und in gleicher Richtung nährend wirken, so sei es uns erlaubt, hier einige Worte über den Werth der Nahrungsmittel in physiologischer Beziehung beizufügen.

Wir sahen oben, daß nach dem Einflusse, welchen die verschiedenen durch die Nahrungsmittel eingeführten Stoffe auf den Körper haben, wir dieselben in verschiedene Klassen eintheilen können, daß wir anorganische Stoffe, Blutbildner und Fettbildner bedürfen, um die Ernährung nach allen Richtungen in vollständiger Weise vor sich gehen zu sehen. Ein Nahrungsmittel wird deßhalb dann seinen Zweck am besten erfüllen, wenn es

vielfältig gemischt ist und in seiner Mischung eine dem Körper analoge Zusammensetzung aus den angeführten Substanzengruppen zeigt. Wo diese Mischung der Nahrungsmittel fehlt, da wird dasselbe, für sich allein genommen, bei längerem Gebrauche untauglich, das Leben zu erhalten, und da die wenigsten Nahrungsmittel eine solche Mischung zeigen, so müssen wir bei der Ernährung unseres Körpers durch zweckmäßiges gemeinschaftliches Genießen verschiedener Substanzen, welche in ihrer Gesammtheit dem genannten Bedürfnisse entsprechen, die fehlerhafte Mischung der vereinzelten Nahrungsmittel ersetzen. Der Wechsel der Nahrungsmittel ist demnach ein höchst wichtiges Gesetz für den Einzelnen wie für die Gesammtheit, und nicht minder ist die gehörige Zusammenstellung verschiedenartiger Nahrungsmittel eine absolute Nothwendigkeit. Der Ekel, welchen die stete Wiederkehr desselben Gerichtes erregt, ist kein Resultat der Verwöhnung unseres Gaumens, sondern ein Sträuben des Organismus gegen die ihm schädlich werdende Nahrung, die seinen Bedürfnissen nicht mehr zu entsprechen vermag.

Die Natur selbst hat uns in Betreff der Zusammensetzung eines typischen Nahrungsmittels, das für sich allein genommen den Bedürfnissen des Organismus vollständig zu genügen vermag, das beste Beispiel in der Milch aufgestellt, mittelst welcher die jungen Säugethiere während einiger Zeit vollkommen ausreichend ernährt werden. Die Milch ist eine stark wasserhaltige Flüssigkeit, in welcher eine bedeutende Quantität Milchzucker, also ein fettbildender Körper, und etwa eben so viel Käsestoff als blutbildender Bestandtheil aufgelöst ist. Die Salze in der Milch fehlen nie und sie bestehen größtentheils aus phosphorsauren Salzen, aus Chlorkalium und Kochsalz, sowie aus einer kleinen Menge freien Natrons, welche die Löslichkeit des Käsestoffes im Wasser bedingt. Außerdem schwimmt in der Milch in äußerst feinen Tröpfchen und Kügelchen vertheilt ein leicht schmelzbares, neutrales Fett, die Butter. Man kann rechnen, daß in einer guten Kuhmich $\frac{9}{10}$ Wasser, $\frac{1}{20}$ Milchzucker, eben so viel Käsestoff, $\frac{1}{30}$ Butter und $\frac{1}{200}$ Salze sich finden, während die Frauenmilch

weniger und weichere Butter enthält. Dem Säuglinge werden also in dieser Flüssigkeit ein blutbildender Stoff in der leichtlöslichsten Form des Käsestoffes, ein fettbildender in dem Milchzucker und ein leicht lösliches Fett zugeführt, welches, wie wir oben sahen, sicherlich zum Umsatze des Zuckers in Fett wesentlich beiträgt. Außerdem erhält der Säugling in dem phosphorsauren Kalke der Milch das wesentlichste Salz, dessen er zum Aufbau seines Skelettes so sehr benöthigt ist. Alle diese Stoffe sind zugleich in einer so großen Menge von Wasser aufgelöst, daß diese hinreicht, um den Stoffwechsel durch den Organismus hindurch zu vermitteln.

Merkwürdiger Weise stehen die Samen der Getreidearten, der Hülsenfrüchte, überhaupt die wesentlichsten Erzeugnisse der Landwirthschaft in ihrer Eigenschaft als Nahrungsmittel der Milch am allernächsten, so daß man sie fast als Pflanzenmilch in fester Gestalt bezeichnen könnte. Es finden sich hier dieselben Salze, und namentlich der reiche Gehalt an phosphorsauren Salzen, wie in der Milch; es findet sich eine ziemlich bedeutende Quantität von Blutbildnern, die man im unreinen Zustande als Kleber bezeichnet; es findet sich endlich etwa 60—70 Prozent eines fettbildenden Stoffes, des Stärkemehls, welcher leicht in Zucker und die übrigen Produkte der Zersetzung übergeführt werden kann. Nur Eins fehlt den eigentlichen Getreidearten: das freie Fett, welches nur in höchst geringer Quantität im Weizen und Roggen, in größerer dagegen im Mais vorkommt, weßhalb dieser auch zum Mästen und zur Fetterzeugung allgemein vorgezogen wird. Ebenso ist es merkwürdig zu sehen, daß der Instinkt auch den Mangel der Getreidearten und des daraus bereiteten Brodes an Fett richtig eingesehen hat und demselben durch Fettzusatz beim Genusse entgegenzuwirken sucht. Das Butterbrod, welches bei der Ernährung der germanischen Völkerstämme eine so bedeutende Rolle spielt, hat hierdurch seine wissenschaftliche Grundlage und Berechtigung gefunden und kann wirklich als der vollkommenste Ersatz der Milch bezeichnet werden.

Wenn die Getreidearten und Hülsenfrüchte das Beispiel einer wohlgemischten Nahrung bieten, so sind dagegen die Kartoffeln ein durchaus einseitiges Nahrungsmittel, in welchem die stickstoffhaltigen Bestandtheile gänzlich zurücksinken und nur das Stärkemehl vorwiegt. Zudem enthalten die Kartoffeln eine ungemein große Quantität von Wasser (zwischen 70 und 80 Prozent) und eine höchst geringe Anzahl von Salzen, unter welchen die phosphorsauren namentlich gänzlich mangeln. Es ist kaum möglich, ein Nahrungsmittel zu finden, welches in jeder Beziehung so ungünstige Verhältnisse darbietet, als die Kartoffel; und wenn dieselbe dennoch eine so ungemeine Bedeutung in der Oekonomie der Gesellschaft erlangt hat, so liegt der Grund davon in Verhältnissen, die unabhängig von ihrem Werthe als Nahrungsmittel an sich sind. Nebengründe liegen in der bedeutenden Acclimatisationsfähigkeit, die den Anbau der Kartoffel von Lappland bis in die Nähe des Tropenklimas möglich macht; in der Beziehung zu dem Boden, der durch die Kartoffel nicht an denjenigen Substanzen erschöpft wird, welche die Getreidearten nöthig haben; der Hauptgrund der allgemeinen Verbreitung des Kartoffelanbaues aber liegt in der Thatsache, daß man mittelst der Kartoffel dem Boden weit mehr feste Bestandtheile abgewinnen kann, als mit irgend einer anderen Frucht. Diese Bestandtheile mögen in höchst ungünstigen Mischungsverhältnissen und in äußerst ungünstiger Form, nämlich in einer Menge von Wasser aufgeschwemmt dem Verbrauche dargeboten werden, ihre absolute Menge bleibt dennoch so bedeutend, daß der Kartoffel hierdurch ein wesentlicher Vorzug gesichert ist. Ein Beispiel wird dies schlagend beweisen. Von einer Hektare Land wurden unter gleichen Umständen geerndtet:

	Pfd. Waizen,	Pfd. Korn,	Pfd. Erbsen,	Pfd. Kartoffeln,
	3400	2800	2200	38000
oder:	3036	2538	1980	9500

getrockneter Substanz. In diesen Mengen trockener Substanz sind aber enthalten:

	im Waizen	im Korn	in den Erbsen	Kartoffeln
	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.
Stickstoffhaltige Substanzen	510	440	560	950
Stärkemehl	1590	1196	780	6840
Mineralische Stoffe	90	62	60	323

Der Vortheil der Stofferzeugniß liegt demnach bei der Kartoffel gänzlich auf Seite des Produzenten; der Nachtheil gänzlich auf Seite des Consumenten, der zur Bewältigung eines in unzweckmäßiger Form und unzweckmäßiger Mischung dargebotenen Nahrungsmittels die größte Summe von Verdauungskraft zur Erzielung des kleinsten Nutzeffektes verwenden muß. Es ist demnach vollkommen wahr, wenn ein bedeutender Forscher in diesem Felde sich dahin ausdrückt, daß mit der vorwiegenden Kartoffelnahrung die ärmere Klasse auf das letzte Hilfsmittel hingewiesen sei, auf dem äußersten Rande stehend keinen Boden mehr vor sich hätte, und daß der arme Arbeiter und arme Bauer die entsetzliche Aufgabe lösen müsse, mit einem Minimum von Nahrung von mangelhafter Beschaffenheit das größte Maß von Arbeit zu leisten.

In direktem Gegensatze zur Kartoffel steht das Fleisch, in welchem bei fast eben so großem Wassergehalte die stickstoffhaltigen Substanzen durchaus vorwiegen, und die stickstofflosen nur durch das anhängende Fett vertreten sind. Dieses letztere ist ein durchaus nöthiger Zusatz zu dem Fleische selbst, und die Civilisation sucht denselben in das richtige Verhältniß zu bringen, indem sie die Thiere mästet, wodurch nicht die Masse des Muskelfleisches, sondern nur diejenige des Fettes im Organismus vermehrt wird. Außer dem Faserstoffe, dem Eiweiße und der leimgebenden Substanz, die in dem Fleische enthalten sind, findet man in dem wässerigen Fleischauszuge noch eine Menge von Stoffen, welche zum Theil, wie es scheint, Zersetzungsprodukte der Fleischfaser selbst sind. Diese Stoffe sind es, welche den einzelnen Fleischsorten ihren eigenthümlichen Geschmack geben. Zerhackt man Fleisch ganz fein und laugt es vollständig mit

Wasser aus, so bleibt ein völlig weißer, geschmackloser Rückstand, der bei jederlei Fleisch dieselben Eigenschaften zeigt. Dieser in Wasser ungelöste Rückstand ist aber größtentheils Faserstoff, der durch die Magenverdauung ebenfalls aufgelöst wird. Die einfachste Zubereitung des Fleisches ist demnach sicherlich das Braten, welches so geleitet werden muß, daß rasch eine Hülle von gerösteten Stoffen um das Fleischstück gebildet wird, wodurch das Verdampfen der Fleischflüssigkeit verhütet und das Innere in einer Hitze, die höchstens 80° erreichen darf, erhalten wird. Bei dem Kochen des Fleisches werden hingegen die nährenden Bestandtheile in zwei Theile geschieden, in die Fleischbrühe, welche die im Wasser löslichen Stoffe, und in das Fleisch selbst, welches hauptsächlich die unlöslichen Stoffe enthält. Je besser die Fleischbrühe, desto ausgelaugter und geschmackloser ist das Fleisch und umgekehrt. Der Uebelstand des vollständigen Auslaugens, der bei kleineren Stücken Statt findet, wird bei größeren dadurch verhütet, daß das Eiweiß der Fleischfaser durch das Kochen gerinnt und so eine Hülle von geronnenem Eiweiß um das Kochstück gebildet wird, welche das Eindringen des Wassers in das Innere und das Auslaugen desselben verhindert. Darin liegt denn auch die Ursache, warum große Haushaltungen, in welchen gewaltige Stücke Fleisch im Ganzen gekocht werden, zugleich gute Fleischbrühsuppe und gutes gekochtes Fleisch liefern können, während die kleine Haushaltung entweder nur geschmackloses Fleisch und gute Fleischbrühe, oder gutes Fleisch und schlechte Fleischbrühe, nie aber Beides zugleich liefern kann.

Der stärkende, belebende Einfluß der Fleischbrühe liegt nicht sowohl in ihrem Gehalte an stickstoffreichen Substanzen, der verhältnißmäßig sehr gering ist, sondern vielmehr in der Natur dieser Bestandtheile selbst. Der Fleischextrakt enthält nämlich eine krystallisirbare, neutrale, stickstoffhaltige Substanz, das Kreatin (Fleischstoff), welches am reichlichsten in mageren Thieren, die viele Bewegung haben, enthalten ist, und zugleich bei Vögeln, namentlich bei den Hühnern, in größerer Menge vorkommt, als bei den Säugethieren. Durch eine eigenthümliche

Zersetzung, die auch schon im lebenden Muskel Statt findet, erzeugt dieser Fleischstoff einen anderen stickstoffhaltigen Körper, das Kreatinin (Fleischbasis). Dieses Kreatinin bildet wirklich mit Säuren Salze und ist eine wahre organische Basis, ein Alkaloïd, wie das Chinin, das wirksame Prinzip der Chinarinde, oder das Morphin, das wirksame Prinzip des Opiums. Alle diese Alkaloïde haben eine merkwürdige, tief eingreifende, wenn auch noch nicht näher analysirte Wirkung auf den Organismus, die durchaus nicht im Verhältniß zu ihrem Stickstoffgehalte steht. Wahrscheinlich wirken sie in ähnlicher Weise wie Gährungsstoffe, Umsetzungen einleitend, wobei sie selbst in ihrer Mischung nicht verändert werden, so daß sie selbst unzersetzt durch den Körper durchgehen können, wenn sie gleich in demselben die bedeutendsten Spuren ihrer Wirksamkeit zurücklassen. Man weiß, daß das Chinin, welches das Wechselfieber heilt, größtentheils im Urin wiedergefunden wird. Ich habe Gelegenheit gehabt, die Wirkungen einer eigenthümlichen Kurmethode des Nervenfiebers zu verfolgen, nach welcher man im Zeitraume einer Stunde so große Gaben von Chinin giebt, daß die ersten Vergiftungserscheinungen, worunter namentlich Taubheit, sich einstellen. Das Fieber wird durch diese Behandlungsweise gänzlich gebrochen, die bedeutendste Modifikation in dem ganzen Krankheitsprozesse hergestellt, die Gefahr weggeräumt, und nichts desto weniger findet man die gegebene Menge des Chinins unverändert in dem Urine wieder. Zu dieser Klasse von Stoffen räthselhafter, oft giftiger Wirkung gehört denn auch unstreitig das Kreatinin, und seiner Gegenwart sind gewiß die besonderen Wirkungen der Fleischbrühe zuzuschreiben.

Die Cultur hat in den Kreis der Lebensmittel von allgemeinem Bedürfniß zwei Substanzen gezogen, welche früher nur dem Luxus angehörten und die durch ihre Zusammensetzung der Fleischbrühe nahe treten. Ich meine den Kaffee und den Thee, ersterer mehr auf dem Festlande Europas, letzterer mehr in England und Amerika ein Volksbedürfniß ersten Ranges. In dem Zollvereine werden allein nahe an 700,000 Centner Kaffee

jährlich consumirt, eben so viel Thee in Europa und Amerika zusammen genommen, und je mehr mit zunehmender Verarmung die Kartoffelnahrung Boden gewinnt, desto hartnäckiger hängt das Volk an dem Kaffeegenusse, der als ein nothwendiges Surrogat seinen Platz einnimmt. Kaffee und Thee enthalten aber durchaus denselben chemischen Grundbestandtheil, das sogenannte Caffeïn oder Theeïn, das ebenfalls in die oben berührte Klasse der Alkaloïde gehört. Die Wirkung dieses Alkaloïds auf den Körper ist eine wesentlich erregende, auf die wir später bei der Analyse der Funktionen des Nervensystemes näher zurückkommen werden. Sie steht aber in keinem Verhältniß zu der Menge des Stoffes. Wenn man daher, nachdem einmal die Uebereinstimmung der Zusammensetzung im Thee und Kaffee erkannt und der reiche Gehalt des darin enthaltenen Alkaloïds an Stickstoff ermittelt war, behauptete, der Kaffee- und Theegenuß sei ein Ersatzmittel des mangelnden Fleisches, so ist dieses insofern unrichtig, als der Gehalt an fester Substanz im Kaffee und Thee viel zu gering ist, um einen unmittelbaren Ersatz für den Verbrauch der stickstoffhaltigen Substanzen des Körpers geben zu können. Die mächtig erregende Wirkung des Alkaloïds in dem Aufguße läßt vielmehr den Kaffee als Nahrungsmittel suchen, indem sie die Bewältigung der in so ungünstigen Verhältnissen dargebotenen Nahrung möglich macht.

Auf diese Weise treten Fleischbrühe, Kaffee und Thee näher an die vielfachen Getränke heran, die durch Gähren eine gewisse Quantität von Weingeist enthalten und die bei allen Völkern ohne Ausnahme im Gebrauche sind. Hier ist es auch die aufregende Beschaffenheit, welche vor der ernährenden in den Vordergrund tritt, und man kann wohl sagen, daß der stickstofflose Weingeist ebenso die Reihe der stickstofflosen Nährsubstanzen schließe, wie der stickstoffhaltige Kaffee diejenige der blutbildenden Nahrungsmittel.

Fünfter Brief.

Die Athmung.

Der Brustkasten eines Skelettes (s. S. 118) stellt einen von vorn nach hinten zusammengedrückten Kegel vor, dessen Spitze nach dem Halse, dessen Grundfläche nach dem Bauche zugewandt ist, und dessen Wände von zwölf Paaren platter gebogener Knochenstäbe, den Rippen, gebildet werden. Zwei feste Linien bieten die Stützpunkte für diese beweglichen Knochen; auf der Rückenseite die Wirbelsäule, an deren Körpern die Rippen eingelenkt sind, vorn das Brustbein, ein platter langer Knochen, woran sich die Rippen theils durch Gelenke, theils durch elastische Knorpelstücke befestigen. Ein leichter Druck auf das Brustbein angebracht, preßt dieses gegen den Rückgrat zu; die Rippen selbst lassen sich leicht in die Höhe ziehen und niederdrücken. Schon diese Anordnung des starren Gerüstes der Brust gestattet demnach eine Erweiterung und Verengung der Brusthöhle. Die breite, dem Bauche zugewandte Fläche des Kegels ist aber durch eine muskulöse Querscheidewand, das Zwerchfell, von der Bauchhöhle getrennt. Diese Querscheidewand ist nicht platt ausgespannt, sondern sie bildet eine gewölbte Fläche, deren convexe Seite der Brust, die concave dem Bauche zugewandt ist. Die Zusammenziehung des Zwerchfells muß, da es rings umher mit starken Muskelfasern an den Rippen und der Wirbelsäule befestigt ist, eine Abplattung seiner Wölbung zur Folge haben, mithin den Raum der Brusthöhle vergrößern, denjenigen der Bauchhöhle verkleinern.

a
b
f
e
d
c
g
h
k
i
l
n
m
o

Fig. 11.

Das Skelett eines Erwachsenen in schreitender Stellung. a. Schädel. b. Halswirbelsäule. c. Brustkorb (Rippen und Brustbein). d. Rückenwirbelsäule. e. Schulterblatt. f. Schlüsselbein. g. Oberarm. h. Unterarm. i. Handwurzel. k. Becken. l. Oberschenkel. m. Schienbein (tibia). n. Wadenbein (fibula). o. Fersenbein (calcaneus).

Sowohl zwischen den einzelnen Rippen, als auch auf ihrer äußeren Fläche, sind viele Muskeln angebracht, welche alle mehr oder minder die Rippen nach oben und außen ziehen, mithin ebenfalls den innern Raum vergrößern können, indem die horizontalen Dimensionen durch solche Bewegung der Rippen zunehmen, die Abnahme in der Länge dagegen, welche durch dies Aufziehen der Rippen erfolgt, hinlänglich durch das Hinabsteigen des Zwerchfelles ausgeglichen wird.



Fig. 12. Die Brusteingeweide, in natürlicher Lage, von vorn gesehen. 1. Die rechte Herzkammer. 2. Die linke Herzkammer. 3. Rechter Vorhof. 4. Linker Vorhof. 5. Lungenschlagader. 6. Ast derselben zur rechten Lunge. 7. Ast zur linken Lunge. 8. Früherer Verbindungsast zur Aorta, nur bei der Frucht im Mutterleibe offen, nach der Geburt geschlossen (Ductus Botalli). 9. Bogen der Aorta. 10. Obere Hohlvene. 11. Gemeinschaftlicher Stamm der rechten Hals- und Schlüsselbeinschlagader. 12. Rechte Schlüsselbeinvene. 13. Rechte Halsschlagader. 14. Linke vereinigte Schlüsselbein-Halsvene. 15. Linke Halsadern. 16. Linke Schlüsselbeinadern. 17. Luftröhre. 18. Bronchus der rechten Lunge. 19. Linker Luftröhrenast. 20. Lungenvenen. 21. Oberer Lappen, 22. mittlerer, 23. unterer Lappen der rechten Lunge. 24. Oberer, 25. unterer Lappen der linken Lunge.

In diesem festen Korbe nun sind die Lungen, das Hauptorgan der Athmung, mit dem Herzen aufgehangen. Die Innenseite des Rippenkorbes ist mit einer festen, undurchdringlichen Haut, dem Rippenfelle oder der Pleura ausgekleidet, so daß der Rippenkorb einen hermetischen Verschluß darbietet. Die Lungen selbst aber sind, im Großen betrachtet, elastische Säcke, welche durch eine steife Röhre, die Luftröhre, mit der atmosphärischen Luft in Verbindung stehen. Sie können sich nicht selbstständig ausdehnen oder zusammenziehen; aber durch ihre Elastizität und durch ihre stete Füllung mit Luft füllen sie den Rippenkorb stets vollständig aus; erweitert sich dieser, so dehnen sich die Lungen mit aus und die äußere Luft strömt durch die Luftröhre in die Lungensäcke ein — wir athmen ein; zieht sich der Brustkorb zusammen, so werden die Lungensäcke zusammengedrückt und ein Theil der Luft aus ihnen durch die Luftröhre ausgepreßt — wir athmen aus.

Nicht also durch selbstständige Zusammenziehung und Ausdehnung der Lungen, sondern vielmehr durch das wechselnde Spiel der an dem Brustkorbe befestigten Muskeln werden die Athembewegungen hervorgebracht, und die Bedingung ihrer Fortdauer ruht einzig und allein in dem vollkommenen luftdichten Verschlusse des Brustkastens und in dem dadurch entstehenden luftleeren Raume zwischen Brustkorb und Lunge. Dieser Verschluß ist durch das Brustfell bedingt, welches jederseits einen vollkommen geschlossenen Sack darstellt, in dem die Lunge steckt, etwa wie der Kopf in einer baumwollenen Nachtmütze, um mich eines trivialen, aber durchaus wahren Vergleiches zu bedienen. Die eingestülpte Hälfte des Sackes umgiebt die Lunge, ist mit ihr verwachsen; die äußere Hälfte ist an der Brustwand angewachsen; sobald diese sich ausdehnt und von der Lunge entfernen will, so entsteht in dem Brustfellsacke ein luftleerer Raum, und die äußere Luft stürzt in die Lungen, um diesen Raum zu erfüllen, etwa wie bei Oeffnung eines Blasebalges die Luft durch die Klappe nachstürzt.

Bei ruhigem Athmen in aufrechter oder sitzender Stellung

sind es hauptsächlich die abwechselnden Zusammenziehungen des Zwerchfelles, welche das Ein- und Ausströmen der Luft in die Lunge bedingen; — kaum daß der Rippenkorb sich etwas Weniges in seinen Querdurchmessern erweitert. In horizontaler Lage dagegen, sowie bei heftigeren Athembewegungen, spielen auch die Rippen und die Bauchdecken eine bedeutendere Rolle, so daß das Volumen der Brust um eine ziemlich beträchtliche Größe verändert werden kann. Untersucht man die Verhältnisse bei verschiedenen Athemzuständen, so kann man etwa vier Zustände unterscheiden. Am tiefsten deprimirt erscheint die Brustfläche bei möglichst tiefer Ausathmung. Die Lungen sind dann aber stets noch von einer gewissen Quantität Luft erfüllt, die niemals ausgetrieben werden kann und die man die Residualluft nennt. Bei gewöhnlicher Ausathmung bleiben die Lungen stärker ausgedehnt, der Rippenkorb erscheint etwas gewölbter und wölbt sich noch mehr bei der gewöhnlichen Einathmung. Der Unterschied des Volumens bei der gewöhnlichen Ein- und Ausathmung mag etwa eben so groß sein, als der zwischen gewöhnlicher und möglichst kräftiger Ausathmung. Am gewölbtesten endlich erscheint die Brust bei möglichst tiefem Einathmen. Bei den Männern sind es namentlich die mittleren und unteren Rippen, welche beim Athmen spielen, während die oberen Rippen mehr unbeweglich bleiben, bei den Frauen im Gegentheile sind es die oberen Rippen, welche sich vorzugsweise bewegen, während die unteren nur in Ausnahmefällen spielen. Vielleicht dürfte sich aus diesem Umstande die Vorliebe des weiblichen Geschlechtes für Corsette und Schnürleiber erklären lassen. Indessen liegt es in unserer Macht, gewisse Gruppen der Athmungswerkzeuge vorzugsweise spielen zu lassen, je nachdem wir durch das Spiel der anderen Gruppen Unannehmlichkeiten empfinden. So sieht man Kranke, die an Brustfellentzündung leiden, wo jede Bewegung des Brustkorbes durch die Reibung der entzündeten Flächen des Brustfelles gegeneinander empfindlich schmerzt, die Rippen so viel als möglich fixiren und nur mit dem Zwerchfelle und den Bauchdecken athmen, während Schwangere im Gegentheile fast nur mit den Rippen

athmen, da das Volumen der Bauchhöhle weniger verändert werden kann. Die Wirkung der einzelnen Muskeln hier zu analysiren, würde zu weit von unserm Ziele abführen; — es genügt, darauf aufmerksam zu machen, daß sie alle zwar vom Willen abhängig sind, aber dennoch nur bis auf einen gewissen Grad, und daß wir ihre Wirkung zwar willkürlich beschleunigen oder verzögern, uns aber dennoch derselben nicht gänzlich enthalten können. Die Athembewegungen gehören, nebst vielen andern Muskelaktionen, zu jener Klasse von Bewegungen, welche einem tieferen Gesetze gehorchen, als der bloßen Willkür; ihre Ursachen und Gründe werden wir in einem späteren Briefe besprechen.

In gewöhnlichem normalem Zustande athmen wir durchaus bewußtlos; wachend und schlafend fahren die Athemmuskeln in ihrem regelmäßigen Spiel fort, und eine bestimmte Anzahl von Inspirationen wird in diesem normalen Zustande beobachtet. Die größere oder geringere Zahl der Athemzüge hängt eines Theils von dem Alter, anderntheils aber auch von der Körpermasse des Individuums ab, sie steht in bestimmter Beziehung zu dem Herzschlage, der ganz in demselben Verhältnisse zur Körpermasse sich befindet. Im Mittel thut ein neugeborenes Kind 45—50 Athemzüge in der Minute, ein fünfjähriges 26; die Zahl nimmt allmählig ab bis in das kräftige Mannesalter von 30—40 Jahren, wo sie zwischen 16 und 18 Athemzügen in der Minute schwankt, um dann im höheren Alter wieder um ein Geringes zuzunehmen. Im Kindesalter gehen 3 bis 3½, im Mannesalter 4 bis 4½ Herzschläge auf einen normalen Athemzug.

Es war ein Ergebniß der einfachsten Erfahrung, daß das Athmen des Menschen und der Thiere die umgebende Luft verändere und allmählig zu weiterem Athmen untauglich mache. Ehe aber die Chemie so weit gekommen war, die Luftarten mit eben so viel Schärfe und Genauigkeit analysiren zu können, als die verschiedenen festen und flüssigen Substanzen, ehe sie so weit gekommen war, konnte man natürlich nicht erwarten, daß eine genügende Erklärung dieser Thatsache und eine vernünftige Ansicht über den Athemprozeß überhaupt aufgestellt würde. Man

kannte die Thatsache, man wußte, daß in engverschlossenen Räumen Menschen und Thiere bald Athembeschwerden bekamen, die Haut blauroth wurde, die tiefsten Athemzüge kein Genügen fanden, und daß bei Fortsetzung der Einsperrung dieselben convulsivisch wurden, das Bewußtsein schwand, und endlich nach den heftigsten Convulsionen und Verdrehungen das Leben allmählich erlosch; man wußte, daß diese Erscheinungen ganz in derselben Weise bei dem Tode durch Erdrosseln oder Ertrinken eintreten; allein den tieferen Grund derselben konnte man nicht erkennen, da die Zusammensetzung der eingeathmeten und ausgeathmeten Luft und somit die Veränderung der Luft durch das Athmen nicht gekannt war. Erst mit Lavoisier, dem Vater der heutigen Chemie, brach auch für den Athemprozeß das Licht an, und seine Arbeit über denselben wird stets als eine der herrlichsten in der Geschichte der Chemie dastehen.

Jedermann weiß, daß bei kalter Luft unser Hauch einen Nebel bildet, der sich an kalte Körper in Gestalt kleiner Tropfen niederschlägt. In unbewohnten Zimmern laufen die Fenster im Winter nicht an, sie gefrieren nicht; sobald aber das Zimmer bewohnt ist, so schlägt sich auch an den von außen erkälteten Scheiben die Feuchtigkeit nieder. Die ausgeathmete Luft enthält demnach eine bedeutende Quantität Wasser in Dampfgestalt, welches durch die Kälte zu Tropfen verdichtet wird, und zwar ist sie, wie die neueren Untersuchungen ergaben, vollständig mit Wasserdampf gesättigt. Die absolute Menge von Wasserdampf, welche ein Gasgemenge aufnehmen kann, richtet sich aber nach der Temperatur desselben; je höher diese ist, desto mehr Wasserdampf bedarf es bis zur vollständigen Sättigung. Die ausgeathmete Luft hat in gewöhnlicher Temperatur nahezu die Wärme des Blutes, während bei bedeutender Kälte ihre Wärme bis auf dreißig und weniger Grad fallen kann. Die innere Erkältung würde noch schneller herbeigeführt werden, wenn nicht in der Lunge selbst eine bedeutende Quantität von Luft, die oben genannte Residualluft, bliebe, welche in beständiger Berührung mit den Wänden der Luftzellen und dem Blute die Temperatur des-

selben annimmt und nur langsam in ihrer ganzen Masse sich erkältet. Die Menge von Wasserdampf, welche wir ausathmen, richtet sich demnach hauptsächlich nach der Temperatur, welche die Luft im Innern der Lunge erhält, und je trockener und kälter die eingeathmete Luft ist, desto mehr Wasser muß in unsern Körper aufgenommen und in den Lungen ausgeschieden werden, um die Ausathmungsluft auf ihren bestimmten Sättigungsgrad bringen zu können. Nur wenn wir eine Luft einathmeten, die 36—38 Grad Wärme hätte und vollkommen mit Wasserdampf gesättigt wäre, nur dann würde der Athemprozeß keinen Verlust an flüssigem Wasser herbeiführen; unter gewöhnlichen Umständen aber muß Wasser aus dem Blute in den Lungen abgeschieden werden, und dieser Verlust, den wir erleiden, wird natürlich um so größer sein, je tiefer und häufiger unsere Athemzüge sind. Der Durst, den wir bei heftigen Muskelanstrengungen, bei Märschen in drückender Sonnenhitze empfinden, findet in diesen Verhältnissen seine Erklärung; wir athmen weit häufiger bei solchen Anstrengungen, es wird eine größere Menge Wasserdampf in den Lungen abgeschieden und durch den Durst drückt der Körper sein Bedürfniß nach Ersatz dieses Wassers aus.

Der innere Bau der Lunge ist vortrefflich zur Realisirung der eben angeführten physikalischen Erscheinungen geeignet. Die Luftröhre theilt sich in einen Ast für jeden Lungenflügel, und jeder dieser Aeste in eine Anzahl von Zweigen und Reiserchen, die endlich in zahllose kleine Bläschen oder Blindsäckchen sich auflösen, deren häutige Umgebung ungemein zart ist. Alle diese Bläschen und Zellchen sind beständig mit Luft erfüllt; eine gesunde Lunge schwimmt deßhalb auf dem Wasser, während die eines Kindes, das noch nicht geathmet hat, darin untersinkt. In den dünnen häutigen Wänden der Lungenzellchen vertheilen sich die Capillarien der Lungengefäße, und ihre Maschen sind so dicht gedrängt, die Zwischenräume zwischen denselben so gering, daß die Lungensubstanz fast nur Inselchen zwischen den Gefäßströmchen bildet. Die außerordentliche Dünne und Zartheit der Wandungen der Lungencapillarien sowohl als auch der Lungen-

zellchen begünstigt den Austausch von gasförmigen und flüssigen Substanzen im höchsten Grade. Das in den Lungen circulirende Blut ist allseitig von Luft, die in den Lungenzellen enthaltene Luft allseitig von strömendem Blute umgeben. So erklärt es sich denn leicht, wie die eingeathmete Luft, so kalt sie auch sein mag, augenblicklich die Temperatur des sie umgebenden Blutes annimmt, so wie sie auch sogleich in der Berührung mit der Blutflüssigkeit sich mit Wasserdampf sättigt.

Es ist eine durch Experimente nachgewiesene Thatsache, daß die Menge der ausgeathmeten Luft durchaus derjenigen der eingeathmeten Luft gleich ist, daß mithin das Volumen der Luft durch den Athemprozeß keine Veränderung erfährt. Die Veränderung, welche die eingeathmete Luft erleidet, kann demnach nur eine chemische sein, und es ist leicht, sich zu überzeugen, daß sie wirklich eine solche ist. Ein Theil des in der atmosphärischen Luft enthaltenen Sauerstoffes ist nämlich in der Ausathmungsluft durch Kohlensäure ersetzt worden.

Die atmosphärische Luft ist wesentlich ein Gemenge zweier Gasarten : Sauerstoff und Stickstoff, zu welchen sich veränderliche Quantitäten von Kohlensäure und Wasserdampf gesellen; erstere beträgt aber im Durchschnitte nur 0,04 Prozente dem Volumen nach, so daß man also für gewöhnlich diese geringen Kohlensäuremengen gänzlich außer Acht lassen kann. Das Verhältniß des Sauerstoffes zu dem Stickstoffe ist überall, auf Höhen und in Tiefen, in geschlossenen Räumen wie in freier Luft, dasselbe; nur nach lange anhaltendem Regen und auf dem offenen Meere findet man der stärkeren Auffaugung des Sauerstoffes durch das Wasser wegen einen etwas geringeren Sauerstoffgehalt. Den neuesten Untersuchungen zu Folge enthält die Luft im Durchschnitte dem Volumen nach 20,95 Prozent Sauerstoff und 79,05 Prozent Stickstoff, oder, da der Sauerstoff schwerer ist als der Stickstoff, 23,19 Prozent Sauerstoff und 76,81 Prozent Stickstoff. Anders dagegen verhält sich die Ausathmungsluft. Der Stickstoff wird um ein Geringes vermehrt, doch beträgt die Menge des durch die Athmung ausgestoßenen

Stickstoffes meist weniger als $1/_{100}$ des verzehrten Sauerstoffes und erreicht niemals die Menge von $1/_{50}$; man kann also, ohne bedeutende Fehler zu begehen, die Veränderung, welche der Stickstoff seiner Menge nach erleidet, völlig außer Acht lassen. Nicht so verhält es sich mit dem Sauerstoffe; ein Theil desselben ist verschwunden und in der Ausathmungsluft durch ein entsprechendes Volumen Kohlensäure ersetzt. Im Mittel enthält die ausgeathmete Luft im Mannesalter 4,380 Prozent Kohlensäure dem Volumen nach, oder, da die Kohlensäure bedeutend schwerer ist als der Sauerstoff, 6,546 Prozente dem Gewichte nach.

Nichts ist leichter, als sich von dem Gehalte der ausgeathmeten Luft an Kohlensäure zu überzeugen. Man braucht nur durch ein Röhrchen in Kalkwasser zu blasen, um sogleich eine Trübung entstehen zu sehen, die sich bald vermehrt und endlich einen Niederschlag von kohlensaurem Kalk bildet, der mit Säuren übergossen sich mit heftigem Brausen auflöst. Es war von äußerster Wichtigkeit für die ganze Physiologie und namentlich für die Ernährung, zu bestimmen, wie groß die Quantität der von dem Menschen binnen einer gewissen Zeit ausgehauchten Kohlensäure sei, da man hierdurch bei der bekannten Zusammensetzung dieses Gases auch zugleich berechnen konnte, wie groß der Verlust an Kohlenstoff sei, den der Körper durch die Respiration erleide. Die Lösung dieser Aufgabe hat ihre eigenen Schwierigkeiten. Keine Thätigkeit des Körpers ist größeren Schwankungen unterworfen, als gerade die Respiration; die geringste Anstrengung, das kleinste Hinderniß, jede Gemüthsbewegung wirkt bald beschleunigend, bald verlangsamend auf sie zurück, und gerade wenn wir uns zwingen wollen, so regelmäßig als möglich zu athmen, so wird schon durch die geistige Spannung eine gewisse Unregelmäßigkeit bedingt. Die Versuche der neueren Zeit erst, in welchen man allen Verhältnissen so viel Rechnung als möglich getragen hat, und wo durch die zur größten Genauigkeit gesteigerten Mittel der Analyse auch genaue Resultate erlangt wurden, verdienen Zutrauen. Da die Zahl und Tiefe der Athemzüge und somit das Volum der bei jedem Athemzuge und die

Menge der während einer bestimmten Zeit eingeathmeten Luft den bedeutendsten Schwankungen je nach Alter, Geschlecht und Körperconstitution unterworfen sind, so mußten die mannichfachsten Versuche angestellt werden, um zu genügenden Mittelzahlen zu gelangen. Es ist hier nicht der Ort, die Methoden auseinander zu setzen, deren man sich bediente; sie gehen wesentlich nach zwei Richtungen auseinander. Bei der einen Art zu verfahren läßt man ein Individuum ohne Verlust in einen Apparat hineinathmen, in welchem man die Kohlensäure und das Wasser auffängt. Man erhält bei diesem Verfahren die Athemprodukte zwar allein, aber das Resultat wird durch die oben erwähnten Einflüsse häufig getrübt und deßhalb meist eine zu große Menge von Kohlensäure erhalten. Nach der andern Methode läßt man das Individuum in einem geschlossenen Raume athmen, durch welchen man einen langsamen Luftstrom leiten kann, dessen Geschwindigkeit und Stärke man je nach Bedürfniß regulirt. Mit diesem Luftstrome leitet man die Athemprodukte, Kohlensäure und Wasser, in besondere Absorptionsapparate, worin sie dem Gewichte oder dem Volumen nach bestimmt werden können. Man erhält auf diese Weise die Produkte der Athmung und der Hautausdünstung gemeinschaftlich, und wenn man einmal bestimmt hat, in welchem Verhältnisse beide zu einander stehen, so ist es auch leicht, bei den gefundenen Mengen die Scheidung vorzunehmen. Ein langsamer Luftstrom ist deßhalb durchaus nöthig, weil beim Athmen in geschlossenem Raume das Individuum bald Athembeschwerden haben würde, welche auf die Regelmäßigkeit der Athmung selbst den verderblichsten Einfluß äußern müßten. Es versteht sich von selbst, daß die Absorptionsapparate für die Kohlensäure und das Wasser so eingerichtet sein müssen, daß auch nicht die geringste Spur davon verloren gehen kann, und daß die Luft, in welcher geathmet werden soll, durchaus von aller Kohlensäure, die sie zuweilen enthält, befreit sein muß. Folgende Tabelle giebt die Mittelzahlen der in einer Stunde ausgeathmeten Kohlensäure und des darin enthaltenen Kohlenstoffes in Grammen (500 Gramme = 1 Pfund):

Alter der Männer in Jahren.	Kohlensäure. Mittel.	Verbrannter Kohlenstoff. Mittel.	Menge des verbrannt. Kohlenstoffs in 24 Stunden.
8	18,333	5,0	120,0
10	24,934	6,8	163,2
11 bis 15	29,480	8,04	192,96
16½ „ 20	39,527	10,78	258,72
24 „ 28	44,550	12,15	291,60
31 „ 40	40,333	11,00	264,00
41 „ 50	34,676	9,457	226,968
51 „ 60	31,442	8,575	205,800
63 „ 68	37,521	10,233	245,592
76	22,000	6,00	144,00
92	32,267	8,8	211,2
102	21,634	5,9	141,6

Man kann, sobald das Körpergewicht bekannt ist, aus solchen Untersuchungen eine Mittelzahl berechnen, die man auf einen Kilogramm Körpergewicht bezieht, um einen Maßstab der Vergleichung mit anderen Geschöpfen zu haben. So lieferte ein 33 Jahre alter Mann von 54 Kilogramm Körpergewicht im Durchschnitte 39,146 Gramm Kohlensäure in der Stunde. Es fand mithin eine Absonderung von 0,725 Gramm Kohlensäure für je ein Kilogramm Körpergewicht in der Stunde statt. Dies würde 17,400 Gramm in 24 Stunden machen; eine Zahl, die offenbar viel zu hoch ist. In der That sind die angegebenen Resultate mittelst Athmens in einer Maske durch einen Röhrenapparat hindurch gewonnen, wo durch die Behemmung der Athmungsbewegung angestrengtes Athmen und dadurch eine Vermehrung der abgeschiedenen Kohlensäure hervorgebracht werden mußte. Ebenso wird durch die Multiplikation auf 24 Stunden die Menge der Kohlensäure deßhalb vermehrt, weil die Athemzüge im Schlafe seltener sind als im Wachen und deßhalb in der Nacht eine geringere Produktion von Kohlensäure stattfindet, als am Tage. Nichtsdestoweniger läßt die oben angeführte Tabelle eine Vergleichung zu, da diese Fehler sich bei allen Posten gleichmäßig wiederholen. Man findet sonach, daß die absolute Menge der ausgeathmeten Kohlensäure von der Jugend an bis in das Mannesalter zunimmt, bei kräftigen Männern am stärksten ist

und im Greisenalter wieder abnimmt, daß Muskelbewegung und gute Verdauung die Kohlensäureabgabe merklich erhöht, daß Frauen im Allgemeinen weniger Kohlensäure liefern, als der Mann. Berechnet man aber das Verhältniß der ausgeschiedenen Kohlensäuremenge auf je ein Kilogramm Körpergewicht, so ergiebt sich, daß diese verhältnißmäßige Quantität im Kindesalter am stärksten ist und von da an allmählich abnimmt.

Neuere ausgezeichnete Untersuchungen wurden mit einem komplizirten Apparate angestellt, in dem man freilich nur kleinere Hunde und ähnliche Thiere haben konnte, der aber so eingerichtet war, daß die Thiere Tage lang darin verweilen und sämmtliche Produkte auf das Genaueste bestimmt werden konnten. Die aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff- und Stickstoffmengen, die ausgeschiedenen Kohlensäure-, Wasser- und Stickstoffmengen konnten auf das Genaueste bestimmt, und die Thiere oft drei bis vier Tage in dem Apparate gehalten werden, so daß man bedeutende Mengen der ausgeschiedenen Stoffe erhalten und die Fehler auf ein Minimum herabdrücken konnte. Hierbei fand man denn, daß Säugethiere und Vögel um so mehr Kohlensäure abscheiden, je geringer ihr Umfang ist, und daß das Verhältniß der Kohlensäure hauptsächlich von der eingenommenen Nahrung abhängt. Versuche in einem ähnlichen Apparate an Menschen angestellt ergaben für die durchschnittliche Menge der Kohlensäure für ein Kilogramm Körpergewicht von 0,447 bis 0,592, also Zahlen, die bedeutend unter den durch isolirtes Athmen erhaltenen zurückstehen. Man sieht, daß hier noch weite Schwankungen in den Beobachtungen liegen. Man kann indessen annehmen, daß ein erwachsener Mann im Durchschnitte in 24 Stunden ein Kilogramm Kohlensäure aushaucht, was einer Menge von 273 Grammen oder einem halben Pfunde Kohlenstoff für den Tag entsprechen würde.

Der Gehalt der Ausathmungsluft an Kohlensäure war schon, wenigstens annähernd, von Lavoisier bestimmt worden; es entstand nun die Frage: wo entsteht diese Kohlensäure? Wird sie in den Lungen durch den Respirationsprozeß gebildet, oder

ist sie schon im venösen Blute vorhanden, und wird sie in den Lungen nur abgeschieden und Sauerstoff dafür eingenommen? Man entschied sich unbedingt für die erstere Ansicht, um so mehr, als das Volumen des verschwundenen Sauerstoffes dem Volumen der ausgehauchten Kohlensäure gleich war und man wußte, daß der Kohlenstoff bei seinem Verbrennen das Volum des Sauerstoffes nicht ändere. Eine Kubikflasche reinen Sauerstoffes kann durch Verbrennen von Kohlenstoff in Kohlensäure verwandelt werden, ohne daß sie dabei ihr Volumen ändert; die neu entstandene Gasart ist nur durch Kohlenstoff schwerer geworden. Da dies Verhältniß so genau in dem Respirationsprozesse sich wiederfand, so zögerte man nicht, denselben einer Verbrennung gleich zu setzen, und man behauptete ganz folgerecht, daß der Sauerstoff der Luft in den Lungen an das Blut trete, einen Theil des im Blute enthaltenen Kohlenstoffes verbrenne und sich so in Kohlensäure verwandele, die durch die Ausathmung abgeschieden werde. Man fand zugleich in dieser Ansicht eine natürliche Erklärung der thierischen Wärme. Der Kohlenstoff entwickelt beim Verbrennen Wärme; der Verbrennungsprozeß in den Lungen mußte ebenfalls Wärme entwickeln, und da das Athmen eine beständig fortdauernde Funktion ist, so mußte diese Wärmequelle eine anhaltende, constante sein. Zudem gelang es nicht, Gasarten aus dem arteriellen oder venösen Blute abzuscheiden, alle Versuche dieser Art scheiterten, und man fand in dem Verhältniß zwischen Athmung und Wärmeentwicklung so viel Nutzen für die herrschende Ansicht, daß man kaum daran dachte, eine andere Erklärung zu suchen.

Indeß wurde doch später durch einen einfachen Versuch nachgewiesen, daß ein solcher einfacher Verbrennungsprozeß nicht einzig in den Lungen stattfinden könne. Wenn man nämlich ein Thier, einen Frosch, einen Vogel, ein Kaninchen unter eine völlig gesperrte Glasglocke bringt, die mit einem Gase erfüllt ist, das zwar an sich keine giftige Wirkung auf den Organismus hat, aber doch nicht den Athemprozeß unterhalten kann, wie z. B. Wasserstoffgas oder Stickstoffgas, so fährt das Thier noch eine

Weile fort zu athmen, erstickt aber bald. Untersucht man nun die in der Glasglocke enthaltene Luft, so findet man, daß sie eine gewisse Quantität Kohlensäure enthält. Das Thier hat also, trotz dem, daß Wasserstoff oder Stickstoff keine Kohlensäure bilden können, dennoch diese Gasart ausgeathmet; es kann somit die Kohlensäure nicht unmittelbar in den Lungen aus dem Kohlenstoff des Blutes durch Verbrennung gebildet werden, sie muß schon vorausgebildet in dem Blute enthalten sein. Man fand außerdem durch Versuche, daß das Blut der Lungen nicht bedeutend wärmer sei, als das anderer Körpertheile, während doch nothwendig, im Falle wirklich die Lungen der thierische Ofen wären, wenn ich mich so ausdrücken darf, hier auch die Wärme größer als in den Leitungsröhren sein müßte.

Man hat durch direkte Versuche ermittelt, daß man wirklich aus dem Blute theils unmittelbar durch die Luftpumpe, theils durch Schütteln mit andern indifferenten Gasarten, wie z. B. Wasserstoff, Luft entwickeln könne. Wir haben oben gesehen, daß der Gasgehalt in dem Blute ziemlich bedeutend, und daß in dem hellrothen arteriellen Blute verhältnißmäßig weit mehr Sauerstoff enthalten sei, als in dem dunkeln venösen. Berücksichtigt man einzig diese Thatsache, so kann die Rolle, welche die Lunge in dem Respirationsprozesse spielt, nicht mehr zweifelhaft sein. Sie ist dann offenbar nur die Filtrirmaschine, durch welche die Kohlensäure des venösen Blutes gegen den Sauerstoff der Luft ausgetauscht wurde, und die Verbrennung des Kohlenstoffs wird demnach nicht in den Lungen vor sich gehen, sondern vielmehr überall in allen Gebilden des Körpers, wo Stoffwechsel durch Blutcirculation unterhalten wird. In dem Ernährungsprozesse der Gebilde müssen die chemischen Veränderungen vor sich gehen, welche die Bildung der Kohlensäure bedingen, und durch die im arteriellen Blute gegebene stete Zufuhr von Sauerstoff werden die chemischen Veränderungen bedingt, wird das zu den Umwandlungen nöthige Element geliefert.

Mit dieser Ansicht des Athemprozesses stehen auch manche sekundären Erscheinungen der Wärmeerzeugung vollkommen im

Einklang. Es ist eine Thatsache, daß Muskelbewegungen stärkere und häufigere Athemzüge und lebhaftere Körperwärme bedingen; allein beobachtet man genauer, so ergiebt sich, daß diese lebhaftere Wärme erst einige Zeit nach der Beschleunigung der Athmung eintritt und daß sie auch partiell mehr das bewegte Glied betrifft, als den ganzen Körper. Die Beschleunigung der Athmung bringt aber natürlich schnelleren Herzschlag, schnelleren Blutlauf, somit lebhaftere Sauerstoffzufuhr und lebhafteren Umsatz der Gebilde. Die partielle Wärmeerhöhung rührt daher, daß Bewegung stets auch den chemischen Umsatz befördert, beschleunigt und somit durch die Bewegung des Beines z. B. in diesem der Umsatz der Gebilde, die Ernährung und somit die Wärmeerzeugung verstärkt wird.

Indeß kennen wir auch Thatsachen, welche beweisen, daß diese Abfiltrirung des in dem Blute enthaltenen Gases nicht die einzige Thätigkeit der Lunge ausmache, sondern daß wirklich auch in diesem Organe ein Stoffwechsel vorkommen müsse. Unmittelbar nach einer Mahlzeit wird die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure bedeutend gesteigert. Wie wir wissen, enthält das aus der Leber kommende Blut der Lebervenen eine bedeutende Menge Zucker, die in der Lunge gänzlich zu Grunde geht, also offenbar höher oxydirt, verbrannt wird. So sehen wir denn auch hier den Athmungsprozeß nicht auf so einfache Verhältnisse zurückgeführt, wie man dies vermuthen könnte, sondern aus mehreren Faktoren zusammengesetzt, von denen indeß der zuletzt erwähnte, der Verbrennungsprozeß in den Lungen, verhältnißmäßig bedeutend kleiner ist als der andere, so daß man nicht im Unrecht ist, wenn man behauptet, daß die in den Lungen ausgeschiedene Kohlensäure in direktem Verhältnisse zu der in dem Blute enthaltenen Kohlensäuremenge stehe. Daß diese letztere vielfach, je nach der Ernährung der einzelnen Gebilde, dem Stoffumsatze der verschiedenen Organe, wechseln müsse, läßt sich von vorneherein annehmen und wird auch dadurch bewiesen, daß man bei sonst ganz gleichen Verhältnissen oft sehr bedeutende Schwankungen in dem Gehalte der ausgeathmeten Luft wahrnimmt,

die gewiß in dem veränderten Gasgehalte des Blutes beruhen.

Kehren wir indeß nach dieser Abschweifung, auf deren nähere Verhältnisse wir bei der Ernährung und der Erzeugung der thierischen Wärme eingehen werden, noch einmal zu dem Athemprozesse und der Rolle, welche die einzelnen dabei betheiligten Organe spielen, zurück. Die Thatsache, daß in dem Akte der Athmung Kohlensäure aus dem dunkeln Blute abgeschieden und dafür Sauerstoff aus der Luft aufgenommen werde, ist ein- für allemal festgestellt. Allein es handelt sich darum, zu bestimmen, welchen Antheil bei diesem Prozesse die verschiedenen Bestandtheile des Blutes haben; ob überhaupt die aufzunehmenden und ausgeworfenen Gasarten einen bestimmten Bezug zu der einen oder andern, morphologischen oder chemischen Substanz des Blutes haben, und in wie fern dies ewige Wechselspiel zwischen Kohlensäure und Sauerstoff, welches in den Lungen und Körpercapillaren statt hat, erklärt werden könne?

Wir haben in einem vorhergehenden Briefe die morphologische Zusammensetzung des Blutes kennen gelernt und gefunden, daß im lebenden Körper zwei Bestandtheile unterschieden werden können : festere münzenartige Plättchen, die Blutkörperchen, und eine klebrige Flüssigkeit, worin sie schwimmen, das Plasma. Die Blutkörperchen sind die Träger des Farbstoffes; das Plasma für sich allein, von den Körperchen getrennt, ist farblos; es erhält eine gelbliche Färbung nur durch Auflösung des in den Blutkörperchen befindlichen Blutrothes, und solche Auflösung findet nur in krankhaften Verhältnissen statt. Das frische Blutroth hat eine dunkle, blaurothe Farbe; durch Aufnahme von Sauerstoff wird es kirschroth, und es ist leicht durch Versuche nachzuweisen, daß die Blutkörperchen sehr begierig den Sauerstoff der Luft anziehen und dadurch ihre Farbe ändern. In dem Plasma befindet sich kein Stoff, welcher mit dem Blutrothe in dieser Verwandtschaft zu dem Sauerstoff wetteifern könnte. Es darf demnach der Schluß wohl gerechtfertigt erscheinen, daß die Blutkörperchen diejenigen Formbestandtheile des Blutes sind, welche

den Sauerstoff der Luft an sich ziehen und ihn so den Organen des Körpers zuführen.

Man hat geglaubt, die Kohlensäure, welche man in dem dunklen, venösen Blute vorfindet, sei darin frei aufgelöst enthalten. Allein das Plasma, die Blutflüssigkeit, enthält ein Salz aufgelöst, welches äußerst leicht Kohlensäure einschluckt und sich damit chemisch verbindet; das Plasma enthält kohlensaures Natron, das, mit Kohlensäure in Berührung gebracht, sich in doppelt kohlensaures Natron umwandelt. Die Kohlensäure, welche in den Lungen ausgestoßen wird, bildet sich durch den Prozeß der Ernährung im Inneren der Gewebe; sie wird durch Imbibition von den Körpercapillaren aufgenommen und verbindet sich in diesen, wenigstens theilweise, mit dem kohlensauren Natron des Plasma's, da dessen Menge nicht hinreichend ist, um die sämmtliche Kohlensäure aufzunehmen. Die überschüssige Kohlensäure bleibt in der Blutflüssigkeit aufgelöst.

Sauerstoff und Kohlensäure, die beiden in der Respiration betheiligten Gase, sind demnach an verschiedene Bestandtheile des Blutes gebunden: der Sauerstoff an das Blutroth der Körperchen, die Kohlensäure an das Natron und die Flüssigkeit des Plasma's. Beide Gase werden an verschiedenen Orten aufgenommen und abgeschieden : der in den Lungen aufgenommene Sauerstoff wird in dem Gewebe der Organe, in der Blutbahn der Capillaren abgesetzt, und die an diesem Orte gebildete Kohlensäure in den Lungen abgeschieden.

Die Abscheidung der Kohlensäure und die Aufnahme des Sauerstoffes in den Lungen stehen in einem gewissen Verhältnisse zu einander, das sich hauptsächlich bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen nach der eingenommenen Nahrung richtet. Thiere, welche mit Brot und Körnern gefüttert werden, athmen in der Kohlensäure, die sie entbinden, mehr Sauerstoff aus, als aus der eingeathmeten Luft verschwindet. Bei Brot- und Körnernahrung wird demnach sicherlich ein Theil des ausgeathmeten Sauerstoffes aus der Nahrung bereitet, und es ist dies, wie wir früher gesehen, wohl sicherlich der Umwandlung der stärkmehl-

haltigen Substanzen in Fett zuzuschreiben, wobei diese einen Theil ihres Sauerstoffes verlieren müssen. Das umgekehrte Verhältniß findet bei Fleischfütterung statt. Der Sauerstoff der ausgeathmeten Kohlensäure übertrifft dann die Menge des eingeathmeten, und das Verhältniß bleibt sich gleich, wenn auch das Thier gänzlich fastet.

Bevor indeß der Austausch der Gase in dem durch die Lungen strömenden Blute stattfinden kann, muß die eingeathmete Luft zu demselben gelangen und bis an das letzte Ende der Lungenzellen dringen. Hier findet nun schon insofern ein Austausch statt, als der eintretende Athemzug auf die im Inneren der Lungen befindliche Residualluft trifft, die stets noch reicher an Kohlensäure ist, als die ausgeathmete Luft selber. Man hat durch Versuche nachgewiesen, daß das Verhältniß der Kohlensäure nicht zu allen Zeiten der Ausathmung dasselbe ist, sondern daß gegen das Ende der Ausathmung die Luft reicher an Kohlensäure ist, als an dem Anfang. Athmet man nach einem gewöhnlichen Einzuge gewöhnlich aus, und preßt man dann, ohne wieder einzuathmen, noch einen Theil der Luft, die in den Lungen geblieben wäre, aus, so enthält diese letztere Portion eine bei weitem größere Quantität Kohlensäure, als die erstere. Die Residualluft hat demnach einen beständigen größeren Kohlensäuregehalt und mischt sich vor allen Dingen mit der beim Einathmen eindringenden atmosphärischen Luft. Eine Mischung zwischen beiden Gasen würde zwar schon auch ohne die Athembewegungen statt haben, während durch diese Bewegungen ein Luftstrom in die innerhalb der Lungen stagnirende kohlensäurereiche Luftmenge mit Gewalt eingepreßt wird, dort sich mit einer gewissen Menge Kohlensäure sättigt und dann wieder ausgetrieben wird. Durch diese Mischung wird die Residualluft etwas ärmer an Kohlensäure, und der Abgang an diesem Stoff augenblicklich aus dem Blute ersetzt. Der Mechanismus der Athembewegungen läßt sich demnach etwa mit dem einer Pumpe vergleichen, die in ein Reservoir, welches Salzwasser enthält, mit jedem niedergehenden Pumpenstoße reines Wasser einspritzt und salziges

Wasser emporhebt. Würde das Reservoir nicht aus einer Salzquelle gespeist, so wäre sein Salzgehalt bald gänzlich erschöpft; findet aber eine stete Speisung statt, so wird man in dem Reservoir stets eine stärkere Salzsoole finden, als diejenige ist, welche die Pumpe hervorhebt.

Aber nicht bloß in den Lungen, auch in den peripherischen Capillaren des Körpers geht ein beständiger Austausch von Gasen vor sich, und zwar in umgekehrter Ordnung. Die durch die Ernährung der Theile gebildete Kohlensäure tritt in das Blut über und statt ihrer wird Sauerstoff aus dem Blute aufgenommen. Der in der Athmung aufgenommene Sauerstoff verläßt demnach das arterielle Blut wieder; die Farbe der Blutkügelchen wird blauer.

Offenbar kann diese Ausscheidung von Sauerstoff nur darin beruhen, daß die Blutkörperchen theilweise sich auflösen, ihr Farbestoff sich zersetzt und der dadurch frei gewordene Sauerstoff in die Gewebe tritt. Dieser Sauerstoff kann nicht im Plasma aufgelöst bleiben, denn direkte Versuche belehren uns, daß dasselbe nur sehr wenig Sauerstoff aufnimmt. Dagegen wissen wir durch Versuche, daß der geronnene Faserstoff sehr lebhaft Sauerstoff einschluckt und ihn in Kohlensäure verwandelt; — es ist mithin wahrscheinlich, daß der durch Zerstörung der Blutkörperchen aus dem Blute getretene Sauerstoff auf die festen Faserstoffgebilde des Körpers einwirkt und sich mit diesen verbindet.

Wir kennen kein Gewebe im ganzen Körper, welches mit solcher Begierde den Sauerstoff an sich zieht, als die Blutkörperchen; es kann mithin auch keine Kraft im Körper existiren, welche mächtig genug wäre, die Blutkörperchen ihres Sauerstoffes zu berauben; nur durch Zerstörung und Umsetzung derselben ist dies möglich. Daß aber eine solche Zerstörung der Blutkörperchen, Auflösung derselben im Plasma und beständige Wiedererzeugung, sowohl aus den Lymph- und Chyluskörperchen, als auch innerhalb der Bahnen des Kreislaufes selbst, vor sich gehe, scheint nicht nur theoretisch begründet, sondern auch durch die unmittelbare Erfahrung bestätigt. Ich habe schon oben, in dem

Briefe vom Blute, auf das Verhalten der Blutkörperchen unter dem Mikroskope und gegen Reagentien aufmerksam gemacht, und wenn auch unsere Beobachtungen noch nicht so weit gehen, um mit Bestimmtheit die Veränderungen darzulegen, welche die Blutkörperchen während ihrer Existenz durchlaufen, so scheint doch wenigstens so viel ausgemacht, daß ein gewisser Bildungscyclus ihnen vorgezeichnet ist. Warum sollte dies auch nicht der Fall sein? In allen Gewebtheilen des Körpers sehen wir einen steten Umschwung, selbst in den festesten Bestandtheilen, den Knochen, geht beständig Zerstörung des Vorhandenen, Ersatz des Zerstörten und Neubau Hand in Hand; sollen die Blutkörperchen die einzigen Gewebtheile sein, die keinen cyclischen Veränderungen unterworfen sind? Gewiß aber stehen diese Veränderungen in den nächsten Beziehungen zum Athemprozeß, und namentlich scheinen die Phänomene, welche bei der Transfusion des Blutes von verschiedenen Thieren sich einstellen, darauf hinzudeuten. Bekanntlich kann man einem durch Blutverlust entkräfteten Thiere Blut, welches von einem anderen Individuum derselben Art herrührt, nicht nur ohne Nachtheil, sondern sogar mit Vortheil einspritzen; es erholt sich. Selbst geschlagenes, mithin seines Faserstoffes beraubtes Blut hat denselben belebenden Einfluß. Allein die Einspritzung von Blut eines Thieres aus einer anderen Klasse tödtet fast augenblicklich. Vogelblut einem Säugethiere, Säugethierblut einem Vogel eingespritzt, tödtet unmittelbar, selbst in kleinen Quantitäten, und in dem letzteren Falle kann der Tod nicht der verschiedenen Größe der Blutkörperchen und einem dadurch bedingten Hinderniß in der Circulation innerhalb der Capillargefäße zugeschrieben werden, denn die Blutkörperchen der Säugethiere sind kleiner, als die der Vögel. Meines Erachtens kann diese giftige Wirkung der Einspritzung (Transfusion) von Blut einer anderen Spezies nur in der Beziehung der Blutkörperchen zum Respirationsprozesse gesucht werden, zumal da das seiner Blutkörperchen beraubte Serum keinen solchen verderblichen Einfluß übt.

Auf der andern Seite ist, wie wir oben gezeigt haben, durch

die Aufnahme des Sauerstoffes in den Lungen ein Theil des im venösen Blute enthaltenen doppelt kohlensauren Natrons in einfach kohlensaures Natron verwandelt worden, welches mit dem arteriellen Strome in die peripherischen Capillaren des Körpers fortgerissen wird. Dort trifft es die aus den Geweben gebildete Kohlensäure an, welche es gierig anzieht, um sich aufs Neue mit derselben zu doppelt kohlensaurem Natron zu verbinden.

Sollen wir nun die Rolle, welche die im Blute enthaltenen Gase und die Bestandtheile des Blutes selbst spielen, näher bezeichnen, so wäre dies etwa in folgenden Sätzen zu geben : Die Gase des Blutes sind nicht in demselben aufgeschwämmt (diffundirt), sondern an einzelne Formelemente desselben gebunden. Die Blutkörperchen sind Sauerstoffschwämme. Das kohlensaure Natron des Plasma's bindet theilweise die Kohlensäure. In dem Athmungsprozesse wird Sauerstoff aufgenommen und eine entsprechende Menge Kohlensäure abgeschieden; der Sauerstoff gelangt in die Gewebe durch Zerstörung der Blutkörperchen innerhalb der Capillaren des Körpers. Die Kohlensäure gelangt in das Blut der Körpercapillaren durch Anziehung vermittelst des im Plasma enthaltenen einfach kohlensauren Natrons.

So sehen wir denn von dem ersten Eintreten des Sauerstoffes mit der Einathmungsluft bis zur endlichen Austreibung der Kohlensäure eine beständige Verkettung von Ursachen und Wirkungen, die durch den Austausch zwischen zwei Gasströmen sich herstellen, die in umgekehrter Richtung den Körper durchlaufen und in beständiger Wechselwirkung sich befinden. Während der Sauerstoff von außen her durch die Lungenzellen eindringt, durch die Blutflüssigkeit hindurch bis zu den Körperchen dringt und sich theils mechanisch in dem Blute auflöst, theils chemisch bindet, während er in diesem Zustande durch den arteriellen Blutstrom fortgerissen in alle Organe des Körpers vertheilt wird, diese durchdringt und die Zersetzung der organischen Substanz einleitet, wird die Kohlensäure an denselben Endpunkten durch die Verbindung des Sauerstoffes mit der organischen Substanz

erzeugt, von dem venösen Blutstrom fortgeschwemmt, theilweise frei gelöst, theilweise an kohlensaures Natron gebunden und so in die Lungen gebracht, wo sie aus den Capillaren in die Lungenzellen übertritt und endlich mit der Ausathmungsluft entfernt wird. Ueberall aber, wo ein Austausch der Gase stattfindet, in dem Gewebe der Organe, in dem Blute, das in den Haargefäßen des Körpers oder der Lungen kreist, in den Lungenzellen, wie in der Luftröhre und deren größeren Aesten — überall beruht dieser Austausch auf der Verschiedenheit des Gasgehaltes der mit einander in Berührung kommenden Stoffe und auf der versuchten Herstellung des Gleichgewichtes zwischen denselben. So begründet sich also dieser Austausch auf höchst einfache physikalische Gesetze, die bei der engen Beziehung des Athmungsprozesses zu allen Funktionen des Organismus als oberste Regulatoren des Lebensprozesses erscheinen.

Sechster Brief.

Die Absonderung.

An allen freien Oberflächen des Körpers, von welcher Gestalt sie auch sein mögen, sehen wir unter normalen Umständen eine beständige Ausscheidung gasförmiger oder flüssiger Bestandtheile vor sich gehen. Auf der äußeren Haut, auf der inneren Oberfläche der Schleimhäute, der sogenannten serösen Umhüllungshäute, wie Brust- und Bauchfell, ist dieser Ausscheidungsprozeß in immerwährender Thätigkeit begriffen. Die Absonderungsprodukte dieser flächig ausgebreiteten Organe werden theils, wie von den Schleimhäuten des Mundes, der Lunge, des Darmkanales u. s. w., nach außen geschafft, theils aber auch bleiben sie, wie in den geschlossenen Säcken der serösen Häute, innerhalb derselben in geringer Menge aufbewahrt, und nur zuweilen, in krankhaften Verhältnissen, wie z. B. bei der Wassersucht, sammeln sie sich in solcher Menge darin an, daß die Entfernung der angehäuften Flüssigkeit nothwendig wird.

Außer diesen flächigen Absonderungsorganen aber finden sich noch im Körper eine große Menge besonderer, zu dem speziellen Zwecke der Absonderung bestimmte Organe, welche einen zusammengesetzteren Bau haben und die wir unter dem Namen der Drüsen begreifen. Das Prinzip des Baues dieser Drüsen ist äußerst einfach; es beruht auf dem Grundsatze, daß eine gebogene oder gewundene Haut auf demselben Raume weit mehr Fläche darbietet, als eine gerad ausgebreitete. Eine freie Oberfläche ist stets ein wesentliches Erforderniß zur Absonderung; wird aber diese freie Oberfläche aus gewundenen Schläuchen

gebildet, so kann sie eine ungeheuere Ausbreitung bieten und dennoch auf einen kleinen Raum zusammengedrängt sein. Die Grundform der Drüsen ist deßhalb ein länglicher Blindsack, dessen Oeffnung sich auf der Oberfläche befindet, auf welche das Sekret ausgeführt werden soll. Dieser Sack erhält seitliche Verzweigungen, Verästelungen, die sich zu Röhren ausspinnen, welche sich zusammenknäueln, und bald in körnigen, traubenförmigen oder zelligen Bläschen ihr Ende finden. So bietet denn jede Drüse gleichsam das Bild eines mehr oder minder verästelten Baumes dar, dessen Stamm der Ausführungsgang ist. Die Röhren und Ausführungsgänge sind im Inneren von eigenthümlichen Häuten, die oft außerordentlich fein werden, ausgekleidet, und in und auf diesen Häuten verbreiten sich die Blutgefäßnetze, aus welchen dann der Absonderungsstoff, das Sekret, geliefert wird. Die feinsten Drüsengänge sind immer noch weit dicker, als die feinen Capillaren der Blutgefäßnetze, und man kann kein treffenderes Bild für das Verhältniß zwischen Drüsengang und Blutgefäßnetzen finden, als dasjenige eines Fingers, der von einem Seidenhandschuh eingehüllt ist und wo der (hohle) Finger dem blinden Ende des Drüsenganges, das Seidengewebe dem Capillargefäßnetze entsprechen würde.

Wie außerordentlich weit die Vergrößerung der absondernden Oberfläche innerhalb einer Drüse durch Verzweigung und Verknäuelung der Drüsengänge und Bläschen durch die Natur getrieben wird, dies zeigen folgende Beispiele. Die Samenröhrchen des Hodens würden, zu einer einzigen Röhre zusammengefügt, eine Länge von 1015—1250 Pariser Fuß betragen und die gesammte Absonderungsfläche einen Rauminhalt von 17,7—20 Quadratfuß darbieten. Eine einzige Niere bietet eine Absonderungsfläche von 43,55 Quadratfuß. Man hat den angestellten Messungen zu Folge eine Tabelle der einzelnen Drüsen des menschlichen Körpers entworfen, worin bestimmt ist, wie viel Quadratfuß Absonderungsfläche ein Kubikzoll Volumen einer jeden Drüse zeigte, und man hat folgende Verhältnißzahlen gefunden, welche freilich nur entfernt approximativ sein können:

1 Kubikzoll	Hode hat . .	2,58	Q.-Fuß	Absonderungsfläche.
"	"	Niere . . .	6,43	"	"
"	"	Ohrspeicheldrüse	8,71	"	"
"	"	Thränendrüse .	9,05	"	"
"	"	Unterzungendrüse	9,34	"	"
"	"	Unterkieferdrüse	10,52	"	"
"	"	Bauchspeicheldrüse	12,63	"	"

Von besonderem Einflusse auf die Art der Absonderungen sind gewiß die inneren Auskleidungen der Drüsengänge, sowie die Beschaffenheit des Blutstromes, welcher ihnen zugeleitet wird. Letztere kann insofern einen Einfluß üben, als bei weiteren Gefäßen und rascherem Blutstrome möglichst viel Blut durch die Drüse geführt und demnach die Zufuhr neuen Stoffes beschleunigt wird. Von noch größerem Einflusse aber ist die innere Auskleidung. Diese besteht bei allen Drüsen mit vielleicht alleiniger Ausnahme der Leber aus einem Belege von Zellen, die bald mehr rundlich oder pflasterartig, bald mehr cylindrisch sind, und dann wie Pallisaden neben einander stehen. Im Allgemeinen nennt man diese Belege von Zellen auf den inneren Oberflächen des Körpers Epithelien, und unterscheidet je nach der Form pflasterartige, cylindrische und Flimmerepithelien. Losgestoßene Theile dieser Zellen sind es, welche die verschiedenen Flüssigkeiten der inneren Oberfläche schleimig machen. In den Drüsen nun findet man stets solche innere Epithelien, die theilweise mit der Absonderung abgestoßen werden, und die sehr häufig die charakteristischen Bestandtheile der Drüsenabsonderung enthalten. Man hat hier namentlich häufig auf die sogenannten Leberzellen hingewiesen, in welchen man nicht selten gelbe Kügelchen oder unbestimmt begränzte gelbliche Massen findet, die auch in der Galle selbst vorkommen und offenbar mit Gallenfarbstoff getränktes Fett sind. Wie wir indessen in einem früheren Briefe gesehen haben, so dürften diese Leberzellen wohl schwerlich als Beweise dienen, da sie von manchen Forschern nur als abgerissene Stücke der letzten Gallengänge angesehen werden. Unzweifelhaft aber ist z. B. die Gegenwart von Harnsäure in

den Zellen der Nierenkanäle mancher niederen Thiere, die Entstehung der Samenthierchen in den eigenthümlichen Zellen, welche die Hodenkanäle erfüllen, und es dürfte demnach wohl keinem Zweifel unterliegen, daß auch da, wo wir die eigenthümlichen Auswurfsstoffe einer Drüse unter dem Mikroskope nicht sehen können, weil dieselben in dem Wasser der Flüssigkeit aufgelöst sind, dennoch diese eigenthümlichen Stoffe innerhalb der Drüsenzellen sich ausscheiden. Wir werden auf diese Frage, welche für die Mechanik der Drüsenabsonderung im Ganzen und selbst für die Ansicht von der Ernährung überhaupt äußerst wichtig ist, im Verlaufe dieses Briefes zurückkommen.

Von den sämmtlichen Drüsen und flächigen Absonderungsorganen des Körpers sind für uns, die wir in das Speziellere nicht eingehen können, nur drei von wesentlichem Interesse: die Haut, als Absonderungsorgan des Schweißes und der Ausdünstung, die Leber, der Galle wegen, und endlich die Nieren, in welchen eine der wesentlichsten Auswurfsflüssigkeiten, der Harn, abgeschieden wird. Wir haben schon in einem vorhergehenden Briefe den Bau der Leber und die Eigenthümlichkeit ihres fetten und alkalischen Sekrets, der Galle, näher in's Auge gefaßt.

Die Struktur der Haut hat zu den mannichfachsten Controversen Anlaß gegeben. Man hat vielleicht bei diesen Untersuchungen den großen Fehler begangen, daß man Verhältnisse, die man in einzelnen Fällen auffand, gleich als allgemeine Gesetze aufstellen wollte. Gerade bei der allgemeinen Bedeckung des Körpers aber giebt es, wie Jedermann wohl aus dem bloßen Augenschein weiß, die mannichfachsten Verschiedenheiten, und es heißt wahrlich die gesunden fünf Sinne beleidigen, wenn man behaupten will, daß die Haut einer zarten Blondine, durch deren weichen Sammet alle Adern durchschimmern, dieselbe numerische Zusammensetzung habe, wie die rissigen Borken, welche den Körper eines Grobschmiedes decken. Die geübte Zunge eines Gastronomen schmeckt Verschiedenheiten, welche den Reagentien des gewandtesten Chemikers entgehen; das Mikroskop

und das Scalpell des Anatomen sind ebenfalls nur unvollkommene Werkzeuge, wenn man sie mit unserem Auge und unserer Hand vergleicht.

Im Allgemeinen besteht die Haut aus zwei Schichten, einer äußeren, aus dünnen Plättchen zusammengesetzten Schicht, welche sich beständig abschilfert und stets wieder neu aus der Tiefe ersetzt. Wir nennen diese Schicht die Oberhaut oder Epidermis. Sie ist durchscheinend, nur schwer für Wasser durchdringlich und läßt sich selbst wieder mehr oder minder deutlich in zwei Schichten theilen, von denen die äußere, frei zu Tage liegende, mehr verhornt und durch diesen Verhornungsprozeß in ihrer Struktur unkenntlich gemacht ist, während die innere Schicht, die man das Malpighi'sche Netz genannt hat, aus einer weichen schleimigen Zellenlage besteht, die sich immer wieder von Neuem bildet, sobald die äußeren Zellen gänzlich verhornt und abgeschilfert sind. In der verhornten äußeren Lage der Oberhaut hängen die einzelnen Zellen so zusammen, daß man die Lage selbst als eine zusammenhängende Haut besonders nach Einwirkung von Blasen ziehenden Substanzen oder von kochendem Wasser abziehen kann. In den noch frischen unverhornten Zellen des Malpighi'schen Netzes finden sich an denjenigen Hautstellen, wo eine braunere Farbe hervortritt, Anhäufungen eines dunkelbraunen körnigen Pigmentes, das bei der Verhornung allmählich verschwindet. Die Farbe des Europäers wird dadurch hervorgebracht, daß das Blutroth der Gefäße, welche sich in der Lederhaut befinden, durch die etwas gelblich durchscheinende Oberhautschicht hindurchschimmert. Je dünner diese Oberhautschicht, desto stärker tritt, wie an den Wangen und Lippen, die rothe Farbe hervor, während da, wo sie sehr dick ist, wie an den Fußsohlen, das Gelblichweiß der Oberhaut überwiegt. Die Hautfarben der verschiedenen Völker werden einzig und allein durch verschiedene Mischung der drei färbenden Elemente : das Roth der Blutgefäße, das Braun des Pigmentes, und das Gelbweiß der Oberhaut, hervorgebracht. Die Haut des Negers unterscheidet sich von derjenigen des Europäers nur dadurch, daß die

Lage des Malpighi'schen Netzes bedeutend mächtiger und die Zellen mit dem schwarzbraunen Pigmente überfüllt sind. Unter der Oberhaut liegt die Lederhaut, ein dichter Filz unter einander gewebter Fasern von Bindegewebe und elastischem Gewebe, zwischen denen sich noch glatte Muskelfasern befinden, welche eigenthümliche Zusammenziehungen bewirken, die wir mit dem Ausdrucke der »Gänsehaut« bezeichnen. Die der Oberhaut zugewandte Fläche der Lederhaut ist nicht eben, sondern mit einer Menge von Hervorragungen versehen, welche bald nur hügelig, bald mehr zapfenartig erscheinen und die man die Hautwärzchen genannt hat. An der Innenseite der Finger drängen sich diese Hautwärzchen so zusammen, daß sie geschwungene Linien bilden, die auf jedem Finger eine eigenthümliche Zeichnung darstellen. Betrachtet man die Innenfläche der Hohlhand mit einer stärkeren Loupe, so sieht man, daß sowohl auf den vorragenden Leistchen, wie in den eingegrabenen Linien, durch welche dieselben getrennt werden, feine Grübchen sich öffnen, auf denen man oft ein krystallhelles Tröpfchen bemerkt. Dies sind die Oeffnungen der Drüsen, von welchen sich zweierlei Arten in dem Gewebe der Haut finden: die einen öffnen sich meist in der Nähe der Haare oder in dem Kanal selbst, worin das Haar steckt; sie sondern eine fettige, talgartige Masse ab, man nennt sie Talgdrüsen; — die andern, die Schweißdrüsen, liegen alle unter der Haut im Zellgewebe und senden einen korkzieherartig gewundenen Ausführungsgang durch die Schichten der Haut und Oberhaut hindurch bis auf die Oberfläche. Die meisten Schweißdrüsen finden sich sonderbarer Weise an der Sohle und an der Hohlhand, bekanntlich zwei Stellen, an denen man selten oder nie schwitzt; die größten lassen sich in der Achselhöhle antreffen. Man hat berechnet, daß in der Hohlhand, welche die meisten Schweißdrüsen besitzt, sich deren 2736 auf einem Quadratzolle Oberfläche befinden, während am Nacken und Rücken, wo sie am seltensten sind, nur etwa 417 auf dem Quadratzolle sich finden. Aus dieser Vertheilung der Drüsen geht schon hervor, daß ihre Beziehung zu

dem Schweiße nicht exklusiv sein kann, sondern daß, wie auch aus anderen Betrachtungen hervorgeht, die Hautausdünstung unmittelbar, ohne Vermittlung der Drüsen, aus dem Blute der Haut geschieht. In gewöhnlichen Zuständen ist die Hautaussonderung nur eine Verdunstung; die Stoffe gehen in Gasform, für uns unsichtbar, davon; — man kann sich aber durch einen sehr einfachen Versuch davon überzeugen, daß diese Absonderung eine beständige sei. Zu diesem Ende stecke man nur den Arm in einen Glascylinder, den man so gut als möglich fest anschließen läßt. Wenn auch keine Spur von Schweiß sichtbar war, so wird doch der Cylinder bald inwendig beschlagen und endlich werden sich an den Wänden Tropfen einer klaren, salzig schmeckenden Flüssigkeit ansammeln, die viel flüchtige organische Stoffe enthält und deßhalb sehr leicht fault.

Die Menge der Hautausdünstung und besonders die Schweißbildung hängt zunächst von der Individualität ab. Die Einen schwitzen bei dem geringsten Anlasse, die Anderen nur sehr schwer. Nächst der Individualität aber äußern die Menge der genossenen Getränke, so wie die Temperatur und Trockenheit der Atmosphäre den entschiedensten Einfluß auf die Menge des durch die Hautausdünstung entleerten Wassers, die wieder mit derjenigen des Urines balancirt. Je größer die Hitze, je trockener die Luft, desto mehr verlieren wir durch Ausdünstung und Schweiß; desto gefärbter und wasserarmer wird aber auch unser Urin, während im Gegentheile in den kälteren Wintermonaten letzterer um so wässeriger wird, je mehr die Hautausdünstung auf ein Minimum zurücksinkt. Es wird aus diesen Thatsachen erklärlich, warum in heißen und warmen Klimaten das Verhältniß der unmittelbar wägbaren Ausleerungen, Koth und Harn, zu den gasförmigen, Haut- und Lungenausdünstung oder Perspiration, ein anderes ist, als in gemäßigten, kalten und feuchten Zonen. In den letzteren, wo die Luft fast beständig mit Feuchtigkeit geschwängert ist, bei durchschnittlich kühler Temperatur, wird durch Lungen und Haut weit weniger Wasser in Dampfform abgeschieden, als in heißen trockenen Gegenden, und nachdem

dies Wasser in Dampfform durch die Perspiration, oder in flüssiger Form durch die wägbaren Ausleerungen davon geht, neigt dieser Ausschlag mehr auf die eine oder die andere Seite.



Fig. 13.

Die Niere nebst dem Harnleiter, senkrecht durchschnitten, um die innere Structur zu zeigen. 1. Die Nebenniere, in Fett und Bauchfell eingehüllt. 2. Rindensubstanz mit geknäuelten Harnkanälchen. 3. Die Pyramiden der Marksubstanz, mit gestreckten Harnkanälchen. 4. Nierenwärzchen, in den Hohlraum der Niere hineinragend. 5. Hohlraum der Niere. 6. Anfang, 7. Fortsetzung des Harnleiters.

Die Nieren, welche den Harn absondern, sind bekanntlich zwei zu beiden Seiten der Lendenwirbelsäule in der Bauchhöhle symmetrisch gelegene, bohnenförmige Drüsen, welche bei dem Menschen etwa die Größe einer kleinen Faust haben. Durchschneidet man eine solche Niere der Länge nach, so sieht man, daß sie aus zwei wesentlich verschiedenen Substanzen zusammengesetzt ist. Nach Außen zeigt sich eine dunklere weichere Lage von Rindensubstanz, von unbestimmt körnigem Ansehen, die nach Innen hin in die blaßröthliche, streifige Marksubstanz übergeht, welche in etwa 12—15 kegelförmige Abtheilungen, die sogenannten Pyramiden, getheilt ist. Die Spitzen der Kegel oder die Nierenwärzchen sind alle nach Innen gegen den Mittelpunkt der Niere gerichtet, und enden frei in einem Hohlraume, dem sogenannten Nierenbecken, welches sich unmittelbar in den röhrenförmigen Harnleiter fortsetzt, der jederseits nach Unten läuft und in die Harnblase sich öffnet. Untersucht man die Struktur der Niere genauer, so sieht man, daß die Rindenmasse aus einer Unzahl vielfach hin und her gewundener Harnkanälchen besteht, welche allseitig von den Blutgefäßen umsponnen werden. Allmählich sammeln sich diese Harnkanälchen nach Innen zu, wobei

sie zugleich einen gestreckteren Verlauf annehmen und so das streifige Ansehen der Pyramiden der Marksubstanz erzeugen. Mehr und mehr zusammenmündend öffnen sich endlich die Harnkanälchen an der Spitze der Nierenwärzchen, und lassen hier den Harn in das Nierenbecken austreten, von welchem er dann durch den Harnleiter in die Blase abfließt. Die Harnleiter haben ringförmige Muskelfasern, durch deren wurmförmig nach unten fortschreitende Bewegung der Harn in die Blase geschafft wird. Es kommt zuweilen vor, daß bei Individuen mit fehlerhafter Ausbildung der Bauchdecken, in Folge ursprünglicher Mißbildung, die Vorderwand der Blase fehlt, so daß man in dieselbe hineinschauen und die Oeffnungen der Harnleiter unmittelbar beobachten kann. Man sieht dann, daß die Flüssigkeit aus diesen Oeffnungen tropfenweise in Absätzen oder zuweilen auch in feinem Strahle bei stärkeren Zusammenziehungen der Harnleiter hervortritt und sich in der Blase ansammelt, aus der sie bei gesundem Zustande nur von Zeit zu Zeit entleert wird. Von besonderer Wichtigkeit erscheint in der Niere die Gefäßvertheilung. Die Nierenarterie, welche jederseits aus der großen Unterleibsschlagader, der Bauchaorta, entspringt, ist verhältnißmäßig sehr weit und theilt sich schnell in zahlreiche feine Netze, an denen besondere Gefäßknäuel hängen. Ein jeder solcher Gefäßknäuel, der mit dem bloßen Auge gerade noch als rothes Pünktchen gesehen werden kann, ist von einem einzigen Gefäße gebildet, welches sich in mehrere Zweige spaltet, die sich knäuelförmig zusammenwinden und endlich wieder in ein einziges Gefäß sammeln. Dieses aus dem Gefäßknäuel hervortretende Arterienstämmchen löst sich erst einige Zeit nach seinem Austritte in das Haargefäßnetz auf, welches die gewundenen Harnkanälchen umspinnt. Man nennt in der anatomischen Kunstsprache die Auflösung größerer Gefäßstämme in feinere Zweige, die sich wieder zu einem Gefäße von derselben Natur sammeln, Wundernetze. Ein solches Gefäßknäuelchen der Niere ist mithin ein Wundernetz eines feinen Arterienzweiges, das sich nur durch seine Zusammenknäuelung vor andern Netzen dieser Art auszeichnet.

Merkwürdig ist aber das Verhalten dieser Gefäßknäuelchen zu der Mechanik der Nierenabsonderung. Jeder Knäuel ist dicht von einer feinen häutigen Kapsel umgeben, welche nichts Anderes ist, als das blasenförmig angeschwollene Ende eines Harnkanälchens. Es beginnt also jedes Harnkanälchen mit einem hohlen Knopfe, in dessen Höhle ein Gefäßknäuelchen steckt, eine Einrichtung, die sich bei keiner anderen Drüse wieder findet.

Die Harnabsonderung ist eine der wichtigsten Funktionen des ganzen Körpers, denn durch sie werden hauptsächlich die Produkte der Zersetzung stickstoffhaltiger Substanzen aus dem Körper geschafft; ja wenn man die geringe Quantität von Stickstoff, die sich in den Excrementen und der Hautabsonderung finden, außer Augen läßt, so ist der Harn die einzige Absonderung, durch welche der Stickstoff überflüssig gewordener Substanzen in Form eigenthümlicher Verbindungen aus dem Körper geschafft wird, während Haut- und Lungenausdünstung die Verbrennungsprodukte des Kohlenstoffes und des Wasserstoffes ausscheiden. Im normalen Zustande schwankt das spezifische Gewicht des Harnes zwischen 1,010 bis 1,030, in krankhaften Zuständen können dagegen beide Gränzen noch bedeutend weiter hinausgeschoben werden. Frischer Harn von gesunden Menschen und fleischfressenden Thieren ist stets sauer, und zwar rührt diese saure Reaktion nicht sowohl von freien Säuren, als von der Gegenwart des phosphorsauren Natrons her. Durch Zersetzung entwickelt sich schnell anfangs freie organische Säure, später aber, bei beginnender Fäulniß, Ammoniak, wodurch dann die saure Reaktion in eine alkalische übergeht. Die Menge des Harnes, welche täglich gelassen wird, ist außerordentlichen Schwankungen ausgesetzt, da sie einestheils mit der Menge des genossenen Getränkes, anderntheils aber mit der durch die Perspiration ausgedünsteten Wassermenge im genauesten Zusammenhange steht. Nach genauen Beobachtungen bei durchaus gleichförmiger Lebensweise betrug das Mittel des während 24 Stunden entleerten Urines im November 56 Loth, im December 57½ L., im Januar 57 L., im Februar 54⅕ L., März 46½ L., April

40²/₃ L., Mai 40¹/₃ L., und es ist zu bedauern, daß diese Messungen nicht während eines ganzen Jahres fortgesetzt wurden, um die regelmäßige Stufenleiter, welche die verhältnißmäßigen Mengen je nach den Jahreszeiten bilden, genau bestimmen zu können.

Als die beiden wesentlichsten Bestandtheile des Urins, welche im normalen Zustande nie fehlen, stellen sich zwei organische, sehr stickstoffreiche Verbindungen dar: der Harnstoff und die Harnsäure. 100 Theile Harnsäure enthalten gerade ein Drittel des Gewichtes Stickstoff, und 100 Theile Harnstoff nahezu die Hälfte, nämlich 46,67 auf 20 Theile Kohlenstoff. Wenn schon es bemerkenswerth ist, daß keine andere Sekretion des Körpers solche stickstoffreiche Materien in bedeutender Menge enthält, so ist noch besonders zu berücksichtigen, daß keine andere organische Substanz den Stickstoff in so bedeutender Menge enthält, als gerade diese beiden charakteristischen Bestandtheile des Harns. Die eiweißartigen Körper, die Alkaloïde, enthalten weit weniger Stickstoff, und man kann deßhalb wenigstens theoretisch behaupten, daß die organischen stickstoffhaltigen Substanzen dadurch in Harnstoff und Harnsäure übergeführt werden können, daß ein Theil ihres Kohlenstoffes und Wasserstoffes verbrennt, während der zurückbleibende Stickstoff mit dem übrig bleibenden Kohlenstoff und Wasserstoff eine Verbindung eingeht. Offenbar wird auch durch den Lebensprozeß definitiv in dem Körper diese Zersetzung hergestellt, indem einerseits der Harn die zurückbleibende Stickstoffverbindung, anderseits die Athmung die Kohlensäure und das Wasser aus dem Körper entführt. Außer dem Stickstoff und der Harnsäure enthält der Harn auch noch bei den Continentalvölkern Europa's (nicht aber bei den fleischfressenden Engländern) stets eine kleine Menge Hippursäure, die sich bei Pflanzennahrung mehrt und auch namentlich bei den Pflanzenfressern die Harnsäure ersetzt, etwas Weniges Kreatin und Kreatinin, Stoffe, deren wir oben bei dem Fleische als Zersetzungsprodukte der Muskelsubstanz erwähnten, und eine eigenthümliche thierische Materie, welche überall die Gestalt eines

bräunlichen, harzartigen Körpers den chemischen Operationen hinderlich in den Weg tritt, und, wie es scheint, mehrere Farbstoffe, sowie einen besonderen Riechstoff enthält. Die Salze, welche in der Harnflüssigkeit aufgelöst sind, bestehen hauptsächlich aus phosphorsaurem Natron, Kalk und Talk, aus Kochsalz und Glaubersalz, und wechseln außerordentlich, je nach der Beschaffenheit der Nahrung, da alle löslichen Salze mit großer Schnelligkeit in den Harn übergehen.

Die wichtigste Rolle im Harne spielt ohne Zweifel der Harnstoff, dessen verhältnißmäßige Menge im Harne man schon aus dem spezifischen Gewichte erschließen kann. In gesundem Zustande schwankt der Gehalt des Harnstoffes in ziemlich bedeutenden Gränzen zwischen 15 und 37,5 Theilen in 1000 Theilen Harn; das Mittel mag etwa 25 bis 30 Theile betragen. Nach früheren Angaben sollte die Harnstoffmenge, welche ein erwachsener Mann in 24 Stunden ausleert, zwischen 20 bis 36 Gramm betragen. Neuere Untersuchungen, mit einer verbesserten Methode angestellt, ergaben Schwankungen zwischen 27,60 und 53,73, so daß das Mittel hiernach 37,70 Gramm in 24 Stunden betragen würde. Wenn auch ein Theil dieser größeren Harnstoffmenge auf die verbesserte Methode der Bestimmung zu schreiben ist, welche weniger Verlust ergab, so darf man doch auch andrerseits nicht vergessen, daß die neuesten Versuche an einem Manne von 215 Pfund Gewicht angestellt wurden, also an einem wahren Fleischkolosse, der nothwendiger Weise mehr Harnstoff entleeren mußte, als die leichten Franzosen und die kaum 120 Pfund schweren Gelehrten, an welchen die früheren Bestimmungen angestellt worden waren. Die erwähnten neueren Bestimmungen ergaben bei einer Frau von 180 Pfund 25,32 Harnstoff, bei einem 132 Pfund schweren Mädchen von 18 Jahren 20,19 Harnstoff, bei einem Knaben von 16 Jahren, der 97 Pfund wog, 19,86 Gramm durchschnittlich in 24 Stunden. Man sieht, daß dem Körpergewichte nach die Familie, welche diese Bestimmungen lieferte, große Verhältnisse zeigt, und demnach die Uebertragung dieser Zahlen auf Menschen von mittlerem Körperge-

wichte erst nach vorgängiger Reduktion anwendbar wäre. Sucht man die Zahlen aber so zu vergleichen, daß man die Menge des Harnstoffes, die in 24 Stunden auf je ein Pfund Körpergewicht ausgeleert wird, berechnet, so findet man, daß der Knabe verhältnißmäßig am Meisten Harnstoff produzirte, nach ihm der Mann, daß dann die Frau und zuletzt das Mädchen folgte, welches die geringste Menge ergab. Wie man sieht, ist dieses Verhältniß ein ähnliches, wie bei der Athmung, und wenn es richtig ist, daß Athmung wie Harn die endlichen Produkte der Zersetzung und des Stoffwechsels aus dem Körper schaffen, so geht schon daraus hervor, daß die Harnstoffmenge, die täglich entleert wird, in gewissen Gränzen als Maß dieses Stoffwechsels angesehen werden kann. Es zeigen also diese Bestimmungen, daß der Stoffwechsel im männlichen Geschlechte überhaupt bedeutender sei, als beim Weibe, im Jünglingsalter größer, als bei Erwachsenen. Wenn das Mädchen einen geringeren Ausschlag zeigte, als die schon an der Gränze reiferer Jugend angelangte Frau (43 Jahr), so mag dies auf besonderen individuellen Verhältnissen beruhen, die wir bei dem einzelnen Falle nicht zu ergründen vermögen.

Schon die einfachste Erfahrung mußte nachweisen, daß die Harnsekretion durch die leisesten Veränderungen in Speise und Trank, sowie im Verhalten des Körpers in Ruhe oder Bewegung mitbetroffen wurde; daß der größere oder geringere Sättigungsgrad sowohl von der Aufnahme von Flüssigkeiten, als von dem gleichzeitigen Spiel der Lungen und der Haut abhänge; daß die Zusammensetzung selbst eine andere werden müsse, je nach den Bestandtheilen der Nahrung und den Zuständen des Körpers. Der Harn, seine Zusammensetzung und sein Concentrationsgrad bietet gewissermaßen das empfindlichste Barometer für alle wechselnden Zustände des Organismus dar, und so viele Versuche man auch bis jetzt über sein Verhalten im gesunden und kranken Zustande gemacht hat, so sind doch bei Weitem noch nicht alle Fragen erschöpft, welche an diese Untersuchungen geknüpft werden können.

Der erste wesentlichste Einfluß ist derjenige der eingeführten Stoffe und namentlich der Nahrungsmittel. Reichliches Wassertrinken macht den Harn zwar dünner, so daß er verhältnißmäßig weniger Harnstoff enthält, bedingt aber doch eine bedeutendere Absonderung hinsichtlich der absoluten Menge des Harnstoffes in 24 Stunden. Es liegt demnach auf der Hand, daß reichliches Wassertrinken überhaupt den Stoffwechsel vermehrt, und darin möchte wohl der wesentlichste Nutzen der jetzt oft zum Exzeß getriebenen Wasserkuren liegen. Das im Blute enthaltene Wasser wird durch die Nieren nicht für sich allein, sondern in Begleitung von einer gewissen Menge anderer Harnbestandtheile abgeschieden, und je mehr Wasser durch den Körper gejagt wird, desto mehr wird der Stoffwechsel angetrieben, desto mehr Harnstoff abgeschieden. Aehnlich wirkt auch Bewegung; — strenge Arbeit, körperliche Anstrengung vermindern zwar die absolute Menge des Urins, indem ein großer Theil des Wassers durch vermehrte Athmung und Hautausdünstung abgeschieden wird; allein der Urin ist auch weit gesättigter und im Ganzen die Ausscheidung von Harnstoff namentlich bedeutender.

Die Nahrungsmittel im engeren Sinne üben einen ganz besonderen Einfluß aus: der Harn der pflanzenfressenden Thiere ist nicht sauer, sondern alkalisch; er enthält weniger Harnstoff, als derjenige der fleischfressenden, und statt der stickstoffreichen Harnsäure die kohlenstoffreiche aber stickstoffarme Hippursäure. Statt der phosphorsauren Salze enthält der Harn der Pflanzenfresser kohlensaure Salze, statt des Kali hauptsächlich Natron. Es läßt sich erwarten, daß durch Veränderung der Nahrung nach dieser Richtung hin auch der Harn geändert werden kann. Einige Forscher haben Versuche dieser Art an sich selbst angestellt, andere haben Hunde abwechselnd mit verschiedenen Stoffen gefüttert und die Resultate hieraus gezogen. Hier fand man denn, daß bei dem Hungern der Harn dieselbe Zusammensetzung hat, wie bei Fleischnahrung, ein Resultat, welches mit dem bei dem Athmen erhaltenen übereinstimmt, daß aber bei reichlich stickstoffhaltiger Nahrung, wie z. B. bei reiner Fleischnahrung,

der Harnstoffgehalt des Urines außerordentlich anwuchs. Wurde die Fleischnahrung übermäßig, so konnte endlich der Harn der Stickstoffausscheidung nicht mehr genügen: — die Hunde verbreiteten einen pestilenzialischen Gestank, und dünsteten offenbar stickstoffhaltige Substanzen durch Haut und Lungen aus. Fettnahrung beschränkt den Umsatz der stickstoffhaltigen Körpertheile; füttert man nur Fett, so wird alsdann weniger Harnstoff abgeschieden; füttert man Fett mit Fleisch, so nimmt die Harnstoffmenge zu, während die Umbildung in anderweitige stickstoffhaltige Substanzen vermindert wird. Denn man muß wohl ins Auge fassen, daß die Menge des in dem Harnstoffe ausgeschiedenen Stickstoffes fast niemals die Menge des mit der Nahrung eingenommenen Stickstoffes erreicht, und daß bei reiner Fleischkost, welche gerade hinreicht, um das Körpergewicht in vollkommener Schwebe zu erhalten, nur $^2/_3$ des mit dem Fleische eingenommenen Stickstoffes wieder in Form von Harnstoff ausgeschieden werden, $^1/_3$ aber auf anderen Wegen entfernt wird. Reine Pflanzenkost hat bei dem Menschen die Folge, daß die Menge der Hippursäure stärker wird, diejenige des Harnstoffes vermindert, und die Reaktion des Harnes durch Anhäufung kohlensaurer Salze alkalisch wirkt.

Ueber den Uebergang fremder, von Außen eingeführter Stoffe in den Harn hat man vielfache Versuche angestellt. Metalle, welche mit thierischen Stoffen unlösliche Verbindungen eingehen, wie Quecksilber, Blei, Eisen; flüchtige, leicht verdampfende Stoffe, wie ätherische Oele, Weingeist u. s. w., finden sich niemals im Urine wieder; letztere Stoffe werden durch die für gasförmige Abscheidungen bestimmten Organe, die Lungen und die Haut, entfernt. Salze mit unorganischen Säuren und Basen, lösliche Farbstoffe, viele feste Riechstoffe, die nur durch ihre eigene langsame Zersetzung riechen, wie Moschus, Bibergeil zc., endlich die organischen Basen Chinin, Cinchonin zc. werden unzersetzt durch den Harn ausgeschieden. Andere Stoffe hingegen kommen nur in wesentlich verändertem Zustande wieder zum Vorschein. So wird der in den Nahrungsmitteln enthaltene

freie Schwefel und Phosphor in oxydirtem Zustande als schwefelsaures und phosphorsaures Salz abgeschieden; so treten die meisten Salze, welche von einer organischen Säure gebildet werden, die essigsauren, apfelsauren Salze 2c., in dem Urine als kohlensaure Salze auf. In vieler Beziehung sind diese Veränderungen äußerst merkwürdig, indem sie nachweisen, daß auch innerhalb der Blutbahn nothwendig chemische Umsetzungen vorgehen müssen, und es somit wahrscheinlich machen, daß viele chemische Prozesse, welche wir in dem Körper beobachten, nicht allein in dem Parenchyme der Organe, während der Ernährung der Gebilde, sondern auch in dem kreisenden Blute selbst vor sich gehen. Man hat in der That nachgewiesen, daß milchsaure Alkalien, in die Venen eines Hundes eingespritzt, den Urin in kurzer Zeit alkalisch machen und darin als kohlensaures Salz nachweisbar sind. Ebenso beobachtet man, daß nach Einspritzung von Traubenzucker oder Kleister in die Venen der Urin nach kurzer Zeit alkalisch wird. Betrachtet man alle diese Veränderungen genauer, so zeigt sich, daß viele Stoffe zwar unverändert in dem Harne wieder auftreten, wenn sie gleich zuweilen bedeutende Veränderungen im Organismus bewirken; daß diejenigen Substanzen aber, welche in verändertem Zustande auftreten, fast alle höher oxydirt, mehr oder minder verbrannt sind, und dennoch wahrscheinlich in der Blutbahn selbst durch den Sauerstoff des arteriellen Blutes verändert wurden.

So viel ist ein für allemal nachgewiesen, daß den geträumten heimlichen Harnwegen, welche die alten Physiologen zum Uebergange der Flüssigkeiten aus dem Magen in die Nieren annahmen, keine Thatsache zum Grunde liegt. Man hatte den schnellen Uebergang verschiedener Stoffe in den Harn beobachtet, und da in der damaligen Zeit noch keine so deutlichen Begriffe über den Mechanismus des Blutlaufes und der Absonderung vorlagen, so hielt man es für unmöglich, daß in so kurzer Zeit die Stoffe im Magen und Darmkanal aufgesaugt, durch die Blutbahn hindurch getrieben und in den Nieren abgesondert werden könnten. Man hielt deßhalb dafür, daß geheime Wege, Röhren

und Gefäße direkt aus dem Magen in die Nieren führten, welche besonders Getränke aufnähmen und sie dort unmittelbar absetzten. Eine genauere Kenntniß des Blutlaufes, der Auffaugung und Absonderung aber, so wie die anatomische Untersuchung haben gelehrt, daß dergleichen Wege nicht vorhanden seien und daß alle Stoffe, welche vom Magen oder Darmkanal aufgesaugt werden, die Pfortaderzweige und die Lebercapillaren, das rechte Herz, die Lungen, das linke Herz und die Arterien bis zu den Nieren mit dem Blutstrome durchlaufen müssen, ehe sie in dem abgesonderten Harne erscheinen können.

So lang auch dieser Weg scheinen mag, so wissen wir doch aus der Darstellung des Blutkreislaufes, daß die Vollendung eines Umschwunges der Blutmasse in dem Körper nur einer sehr geringen Zeitfrist bedarf. Es darf deßhalb nicht verwundern, wenn man bei Menschen, deren Harnblase durch die oben erwähnte ursprüngliche Mißbildung so geöffnet war, daß die Oeffnungen der Harnleiter dem Blick zugänglich waren, schon wenige Minuten nach der Aufnahme durch den Mund solche leicht lösliche Stoffe in dem abtröpfelnden Harne nachweisen konnte, welche, wie z. B. Blutlaugensalz, eine ausgezeichnete Reaktion besitzen; — andere stark färbende Substanzen z. B. erscheinen meistens erst nach 10—20 Minuten; da aber während dieser Zeit das Blut wenigstens fünfmal im ganzen Körper kreist, so ist diese Schnelligkeit der Absonderung wohl begreiflich.

Die Mechanik der Absonderungen überhaupt ist indeß bei Weitem noch nicht so weit aufgeklärt, als es wünschbar wäre. Es erscheint zwar auf den ersten Blick sehr einfach, anzunehmen, daß die in den Drüsengängen enthaltenen Flüssigkeiten einfach aus den umspinnenden Capillargefäßen ausgeschwitzt sind, allein mit dieser Annahme sind noch nicht alle Erscheinungen hinreichend erklärt. Schon die Fortschaffung des Sekrets an sich erscheint aus den bis jetzt bekannten Thatsachen nicht ohne alles Räthselhafte. Erst in den Ausführungsgängen der größeren Drüsen, den Harnleitern, dem Gallengange rc. können wir im Ring gelagerte unwillkürliche Muskelfasern nachweisen, und

angestellte Versuche ergaben, daß dieselben wurmförmige Zusammenziehungen ausüben, wodurch das Sekret nach Außen fortgeschafft wird. In den Drüsengängen selbst aber, und namentlich in den für die Sekretion bei weitem wichtigeren blinden Enden der Drüsengänge, können keine solche Zusammenziehungen und keine die Bewegung vermittelnde Kraft der Wände nachgewiesen werden. Man hat angenommen, daß die Fortschaffung des Sekretes dadurch geschehe, daß stets neue Flüssigkeit in den gefüllten Drüsengang abgesondert und so die vorhandene nach vorn gegen die Oeffnung desselben hingeschoben und in dem Maße, als noch ferner die Abscheidung fortdauere, auch entleert werde. Es ist möglich, daß diese Fortschiebung durch stete Fortdauer des Absonderungsprozesses existire; allein es scheint mir, als habe man zu viel Gewicht darauf gelegt, und ein anderes, meines Erachtens wichtigeres Moment aus den Augen gelassen, nämlich die Capillarität der absondernden Drüsengänge. Alle absondernden Drüsengänge sind in der That so enge, daß sie wirkliche Haarröhrchen darstellen. Man weiß, wie bedeutend die Anziehungskraft zu Flüssigkeiten in diesen Capillarröhrchen ist, und daß dieselbe genügt, um eine Flüssigkeit durch einen Capillarheber selbst über ihr Niveau herauszupumpen und auszuleeren. Meines Erachtens sind die Drüsengänge gleichsam als solche Capillarheber zu betrachten, deren eines Ende in die Blutflüssigkeit taucht, während das andere sich frei nach außen öffnet, und die Bewegung der Flüssigkeiten darin muß somit nach den für alle Capillarröhren geltenden Gesetzen vor sich gehen.

Es fragt sich nun noch, welcher Natur eigentlich der chemische Prozeß sei, der das Produkt der Absonderung liefert. Es stehen hier zwei Meinungen gegenüber, welche beide gewichtige Gründe für sich aufzuweisen haben. Nach Einigen sind die Drüsen einfache Filtrirmaschinen, bestimmt, die Absonderungsprodukte, welche schon im Blute vorgebildet sind, an sich zu ziehen und nach außen fortzuschaffen; — nach Andern sind sie wirklich selbstthätig in Bereitung des Produktes, sie erhalten die

Stoffe, deren sie benöthigt sind, vom Blute, und durch eine zersetzende oder bildende Kraft bereiten sie daraus die chemischen Verbindungen, welche wir in den Sekretionen finden. Betrachtet man die Frage als nur für die Funktion der Drüse selbst gestellt, so käme es dabei nur auf das Mehr oder Minder an. Denn auch die Anhänger der Filtrirtheorie müssen eine spezifische Anziehungskraft der Drüse annehmen, wodurch in der einen Harnstoff, in einer zweiten Speichelstoff, in einer dritten Gallenstoff aus dem Blute angezogen werden, während gewisse Stoffe, wie z. B. Eiweiß in den Nieren, von denselben Drüsengängen zurückgewiesen werden, die andere Stoffe durchlassen. Eine solche spezifische Anziehungskraft für bestimmte Stoffe braucht nur einigermaßen stärker zu werden, um wirklich chemisch zersetzend und umbildend aufzutreten. Wir kennen in der unorganischen Chemie schon eine große Menge von Beispielen solcher Verwandtschaften zu Verbindungen, deren Elemente zwar vorhanden, welche aber erst durch eine gewisse Umbildung erzeugt werden sollen, und in der organischen Chemie treten diese Verwandtschaften eben so häufig auf. Holz z. B. besteht aus Kohle, Wasserstoff und Sauerstoff, und zwar diese letzteren in dem Verhältnisse, daß sie mit einander Wasser bilden. Die concentrirte Schwefelsäure hat eine ungemeine Verwandtschaft zum Wasser. Sobald Holz und Schwefelsäure zusammenkommen, so wird ersteres zersetzt, sein Wasserstoff und Sauerstoff treten zusammen um Wasser zu bilden und die Kohle bleibt zurück; das Holz verkohlt sich. Chlorcalcium verbindet sich ebenfalls sehr begierig mit Wasser; allein mit Holz zusammengebracht, übt es keine zersetzende Wirkung auf das letztere aus; seine Verwandtschaft zum Wasser ist nicht so stark, um eine Bildung dieses Stoffes auf Kosten des Holzes zu veranlassen, während es das schon gebildete Wasser begierig anziehen würde. Man sieht, es ist nur die Quantität, das Maß der anziehenden Kräfte, welches hier den Ausschlag giebt, und ganz so verhalten sich auch die verschiedenen Eigenschaften, welche nach den oben angeführten Ansichten den Drüsen zugeschrieben werden. Eine spezifische

Anziehungskraft für gewisse Stoffe muß den Drüsengeweben zugeschrieben werden; in höherem Maße gedacht, wirkt sie selbstthätig bildend, in niederem Grade wirkt sie nur filtrirend und abscheidend. Existirte diese spezifische Anziehung nicht, so müßten die Sekrete aller Drüsen gleiche Zusammensetzung haben, sie müßten einfach aus durchgeschwitztem Blutwasser bestehen. Die eigenthümliche Natur einer jeden Absonderung kann nur von verschiedenen, den einzelnen Drüsengeweben angehörenden, anziehenden Kräften bedingt werden, und es steht wahrscheinlich der Umstand damit in Verbindung, daß auch eine jede Drüse einen ihr eigenthümlich zukommenden Bau hat. Man hat freilich oft gesagt, die anatomische Conformation der Drüse habe keinen Einfluß auf die Natur des Absonderungsproduktes; man hat sich hier namentlich auf die so mannichfaltig wechselnden Formen der Drüsen und ihrer absondernden Kanäle in der Thierreihe berufen. Allein wenn es auch wahr ist, daß die Leber eines Krebses mit ihren feinen unabhängigen Röhren der körnigen, compakten Leber eines Säugethieres nicht ähnlich ist; so muß auch anderseits bedacht werden, daß eben Krebsgalle und Ochsengalle auch nicht einander allzu ähnlich sehen, und daß sicher die Zusammensetzung dieser beiden Flüssigkeiten eben so verschieden ist, als ihre Farbe. Wir finden als durchgreifendes Gesetz in der Physiologie, daß Form und Funktion einander wechselseitig bedingen, daß identisch gebaute Organe gleiche Funktionen, verschieden wirkende auch unähnlichen Bau haben; dies Gesetz gilt auch für die Drüsen. Daß diese Unterschiede des Baues oft in den kleinsten Einzelheiten gesucht werden müssen, geht aus der Natur der Sache hervor.

Für die Meinung, welche man von dem Absonderungsprozesse in den Drüsen an sich hegt, könnte es demnach ziemlich gleichgültig sein, ob wir die der Drüse einwohnende Kraft in größerer oder geringerer Potenz wirkend annehmen. Für den Ernährungsprozeß im Allgemeinen aber muß die scharfe Entscheidung dieser Frage von der höchsten Wichtigkeit sein; denn wenn es wahr ist, daß die Absonderungsprodukte schon im Blute

vorgebildet enthalten sind, so können sie auch nur durch den Umsatz der Organe erzeugt worden sein und müssen demnach eine nothwendige Folge des Stoffwechsels der Gebilde sein. Dafür sprechen denn auch viele durch die analytische Chemie gelieferten Thatsachen. Man weiß, daß die Blutmasse normal eine gewisse Quantität der eigenthümlichen, in den Absonderungsprodukten vorkommenden Stoffe mit sich führt; — wir finden den Harnstoff, den Gallenfarbstoff normal in der Blutflüssigkeit, und von ersterem weiß man mit Sicherheit, daß seine Menge darin zunimmt, sobald man die Nieren ausschneidet. Man weiß, daß Galle und Harnstoff an anderen Orten des Körpers abgelagert werden, sobald ihre betreffenden Drüsen durch krankhafte Verhältnisse ganz oder theilweise unbrauchbar werden; es kann demnach nicht geläugnet werden, daß die genannten spezifischen Absonderungsprodukte nicht durchaus in ihren betreffenden Drüsen bereitet, sondern ihnen wenigstens theilweise schon fertig gebildet vom Blute geboten werden. Auf den ersten Anblick scheint dieser Schluß freilich unumstößlich; allein es fragt sich, ob er auch allgemein gültig sei, und die Meinung der Physiologen scheint so ziemlich sich dahin fixirt zu haben, daß er dies nicht sei, und daß das Absonderungsprodukt theilweise schon im Blute fertig gebildet sei, theilweise erst in der Drüse bereitet werde. Man stützt sich bei Verfechtung dieser Ansicht namentlich auf den Umstand, daß nach Entfernung der Nieren z. B. die Menge des Harnstoffes im Blute bei weitem geringer sei, als sie sein müßte, wenn aller Harnstoff im Blute angehäuft sich fände, welcher in derselben Zeit im normalen Zustande wäre ausgeleert worden. Man fand 10 Tage nach der Exstirpation der Nieren bei einem Hunde in 3 Pfund Blut nur 4,88 Gran Harnstoff. Gesetzt, der Hund habe 12 Pfund Blut gehabt, was gewiß ein viel zu hoher Anschlag ist, so würden immerhin in der ganzen Blutmasse nur 19,52 Gran Harnstoff enthalten gewesen sein. Daß dies offenbar für eine zehntägige Harnsekretion viel zu wenig ist, daß der Hund in gesundem Zustande wenigstens die sechsfache Menge Harnstoff in derselben

Zeit ausgeschieden haben würde, ist leicht einzusehen. Allein aus dieser Thatsache den Schluß ziehen zu wollen, daß die Nieren die fehlende Menge Harnstoff während des normalen Zustandes würden gebildet haben, dies halte ich für fehlerhaft. Denn die Exstirpation der Nieren ist ein unfehlbar tödtlicher Eingriff und die Operation an sich schon eine gefährliche Verwundung. Das so behandelte Thier kommt entsetzlich herunter, und wenn man es gar noch nach der Operation der Nahrung beraubt, so ist die ganze Lebensthätigkeit auf ein Minimum beschränkt. Daß die Ernährung und Metamorphose der Gebilde nicht wie im normalen Zustande fortgehen, beweist auch schon der unausbleiblich erfolgende Tod. Die Ursache der geringeren Bildung von Harnstoff braucht demnach nicht in den fehlenden Nieren gesucht zu werden, sie kann eben so gut in dem fehlerhaft stattfindenden Stoffwechsel liegen. Ich weiß wohl, man hat mit solchen Erklärungen der mangelnden Metamorphose und des fehlerhaften Stoffwechsels viel Unfug getrieben und man war damit gar manchmal schnell bei der Hand, um sich einer unbequemen Thatsache zu entledigen. Allein daß der Tod nach Exstirpation der Nieren eine Folge der krankhaften Ernährungserscheinungen ist, dies gerade ist eine Thatsache, und daß die Harnstoffbildung mangelhaft werden muß, wenn ihre Ursache, die Ernährung und der dadurch bedingte Umsatz der Gebilde, mangelhaft ist, dies kann nicht in Zweifel gezogen werden.

Es scheint mir, es dürften hier noch andere analoge Verhältnisse mit zu Rathe gezogen werden. Die Lungen sind offenbar ebenfalls Drüsen, deren Sekret sich nur dadurch von denen der übrigen Absonderungsorgane unterscheidet, daß es gasförmig ist. Wir haben oben gesehen, daß dieses gasförmige Produkt, die Kohlensäure, schon in dem Blute vorgebildet enthalten ist, daß sie nicht, wie man früher glaubte, in den Lungen entsteht, sondern einfach darin abfiltrirt wird. Die Kohlensäure findet sich in dem venösen Blute; sie ist darin als Zersetzungsprodukt der thierischen Gebilde; sie stammt von der Metamorphose des Muskelfleisches, des Fettes, der übrigen Substanzen des thieri-

über Körpers. Wenn man ein Thier in reinem Stickgase athmen und darin zu Grunde gehen läßt, so haucht es gegen das Ende seines Lebens weniger Kohlensäure aus, als im Anfange, und das Maß der im Stickgas ausgehauchten Kohlensäure ist gewiß weit geringer, als das während eines gleichen Zeitraumes in atmosphärischer Luft ausgehauchte. Es wird wohl Niemandem einfallen wollen zu sagen, die geringere Menge Kohlensäure werde in vermindertem Verhältnisse durch die Lungen geführt: Jedermann wird den Grund dieses Mangels in dem fehlerhaften Umsatze der Theile finden. Sollen für die Nieren, wo dieselben schädlichen Bedingungen gegeben sind, andere Schlußfolgen bedingt sein?

Fassen wir indeß die als Thatsache festgehaltene Entstehung der Kohlensäure aus dem Umsatze der Gebilde näher ins Auge, so kommen wir sogar zu dem Schlusse, daß durch ihre Bildung nothwendig auch die des Harnstoffes oder eines ähnlichen, sehr stickstoffreichen Körpers gegeben sein müsse. Die meisten Bestandtheile unseres Körpers, wie Muskelfleisch, Sehnensubstanz u. s. w., enthalten alle eine ziemlich bedeutende Menge Stickstoff, und nur die Fettarten, die aber auch zu den in wandelbarer Menge angehäuften Substanzen des Körpers gehören, entbehren des Stickstoffes. Wird nun durch die Zersetzung dieser stickstoffhaltigen Substanzen ein Theil ihres Kohlenstoffes in Kohlensäure verwandelt, so muß nothwendig ein Körper überbleiben, der an Stickstoff weit reicher ist, als das zersetzte Muskelfleisch, und ein solcher Körper ist uns in dem Harnstoffe gegeben. Hundert Gewichtstheile Muskelfleisch enthalten nur 15,72 Theile Stickstoff, während in 100 Theilen Harnstoff 46,48 Gewichtstheile Stickstoff enthalten sind. Wenn aber durch die Bildung der Kohlensäure aus Muskelfleisch somit die Entstehung eines stickstoffreichen Körpers nothwendig bedingt ist, wenn die Gegenwart eines solchen, des Harnstoffes, im Blute und im Sekrete der Nieren erwiesen ist, so scheint mir, als könne man über seinen Ursprung nicht länger zweifelhaft sein. Daß die im Blute enthaltene Menge so äußerst gering ist, daß sie bei den gewöhnlichen

Analysen ganz der Beobachtung sich entzieht, dies darf nicht befremden, denn es läßt sich durch eine leichte Rechnung nachweisen, daß das Blut nur 0,2 Prozent seines Gewichtes Harnstoff zu enthalten braucht, um allen Harnstoff bei sich aufgelöst zu haben, der in 24 Stunden abgesondert wird. Da aber der Umsatz der Gebilde stetig fortgeht und das Blut in beständigem Kreislaufe begriffen ist; mithin sich stets seines Harnstoffes in den Nieren entladen und neuen aus den Gebilden aufnehmen kann; da das Blut ferner in 24 Stunden wenigstens 720mal im Körper umläuft, so ist leicht zu berechnen, daß es bei jedem Umlaufe nur 0,00025 Prozente Harnstoff aufzunehmen, und eben so viel in den Nieren abzusetzen braucht, um die täglich secernirte Harnstoffmenge zu liefern. Ein sich stets erneuernder Gehalt von 0,00025 Prozent Harnstoff im Blute würde demnach zum normalen Harnstoffverbrauch hinreichen. Solche kleine Mengen aber verschwinden nothwendig bei der Analyse, und höchstens Stoffe mit so ausgezeichneten Reaktionen, wie der Harnstoff, lassen sich noch in so geringen Quantitäten erkennen.

Es fehlt indeß nicht ganz an direkten Versuchen, welche für die Thätigkeit der Drüsen als Filtrirmaschinen zu sprechen scheinen. Der Magen hat bekanntlich ein ganz eigenthümliches Sekret, den Magensaft, der von den unendlich vielen Labdrüschen geliefert wird, die in der Dicke seiner Schleimhaut eingebettet liegen. Sobald Nahrungsmittel in den Magen kommen; so röthet sich die Schleimhaut vom größeren Blutandrange; während sie vorher bleich und schlaff war, turgeszirt sie jetzt und überall bricht aus den Drüsenöffnungen der sauere Magensaft in Tröpfchen hervor und lagert sich wie ein Thau auf der inneren Fläche ab. Dieselben Erscheinungen lassen sich beobachten, wenn man unmittelbar nach dem Tode des Thieres, welches zu dem Versuche dient, warmes Blut in die Magengefäße spritzt. Die Sekretion hat dabei ihren Fortgang, wie wenn das Thier noch lebte, und es ist leicht, nachzuweisen, daß der sich bildende Magensaft nicht in den Drüsen vorhanden war, sondern erst aus dem eingespritzten Blute abgeschieden wird.

Wenn man nämlich ein leicht zu erkennendes Salz dem Blute, welches man injicirt, beimischt, so findet sich dieses sogleich in dem abgeschiedenen Magensafte wieder. Ich weiß wohl, daß man diesen Versuchen den Vorwurf machen könnte, sie wären nicht entscheidend, indem das eingespritzte Blut eben so gut nur als Reiz dienen könne, welcher die bildende Thätigkeit der Magendrüsen noch nach dem Tode ansporne; allein wie man auch die Sache ansehen möge, so helfen doch die zuletzt angeführten Thatsachen mit zur Construirung eines Beweises, den sie allein nicht liefern können.

Die meisten Sekrete der Drüsen sind demnach im Blute vorgebildet und die Drüsen selbst nur Filtrirapparate, mit eigenthümlicher Anziehungskraft für ihre spezifischen Absonderungsstoffe begabt, und andererseits dem Durchgange mancher in dem Blut aufgelöster Stoffe verschlossen. Die meisten Drüsensäfte sind eiweißhaltig und offenbar stammt dieses Eiweiß aus dem Blute. Warum enthält nun der Harn, der doch unmittelbar aus dem Blute so vieles Wasser filtrirt, in normalem Zustande kein Eiweiß? Offenbar doch deßhalb, weil das eigenthümliche Gewebe der Harnkanälchen sich dem Durchtritte des Eiweißes widersetzt. Sobald sich aber die Verhältnisse auf der einen oder anderen Seite ändern, sobald das Nierengewebe krank wird oder das Blut eine andere Mischung erhält, wie z. B. nach Einspritzung bedeutender Wassermengen in eine Ader, und in vielen Krankheiten, so tritt der Eiweißgehalt in dem Harne auf und erhält sich so lange, als die abnormen Verhältnisse überhaupt bestehen. Es sichern diese Anschauungen durchaus nicht die Annahme der Folgerungen, welche man aus den schon oben erwähnten Beobachtungen über die Struktur der Drüsen ziehen kann. Es ist sehr leicht möglich, daß in einer und derselben Drüse zwei verschiedene Vorgänge Statt finden können, daß gewisse Bestandtheile, wie z. B. Wasser, die darin aufgelösten Salze, das Eiweiß, unmittelbar aus dem strömenden Blute in die Drüsenkanälchen übergehen, daß dagegen die spezifischen Absonderungsstoffe nur durch die Drüsenzellen angezogen und

nur mittelst dieser aus dem Blute filtrirt werden können. Bei den Nieren deutet, wie schon bemerkt, sogar die Anordnung der Blutgefäße im Verhältniß zu den Harnkanälchen auf eine solche Theilung der Filtrirarbeit hin.

Eine einzige Ausnahme von dem erwähnten Satze dürfen wir hier nicht unberücksichtigt lassen. Unsere Ansicht steht für diejenigen Drüsen fest, welche aus dem arteriellen Blute gespeist werden, d. h. aus Blut, welches, aus den Körperorganen kommend, sich seiner Kohlensäure schon in den Lungen entladen hat. Denn all dies aus dem Körper zurückströmende, mit den Zersetzungsprodukten geschwängerte Blut hat auf seiner Bahn durch die Venen, das rechte Herz, die Lungen und das Arterienherz nirgends Organe angetroffen, in welche es andere feste oder flüssige Stoffe hätte aufnehmen können, als die durch Zersetzung der Körpersubstanz selbst dargebotenen. Anders verhält es sich wahrscheinlich mit einer, auch, wie schon erwähnt, in anatomischer Hinsicht exceptionellen Drüse, der Leber. Sicherlich beruht die bekannte Anordnung, daß alles vom Darmkanale zurückkehrende Blut sich in der Pfortader sammelt und ehe es in das venöse Herz eintritt erst in den Capillargefäßen der Leber kreist, auf einem tiefen Grunde. Die Venen des Darmes nehmen eine große Menge von Stoffen aus den verdauten Nahrungsmitteln auf und bringen diese in den Blutkreislauf. Daß diese Stoffe erst durch die Leber passiren müssen, zeigt darauf hin, daß sie ebenfalls in Beziehung zu der Gallensekretion stehen, daß sie zu der Gallenbereitung mit thätig sind. Hinsichtlich der Gallensäuren, die, wie wir sahen, einige der wesentlichsten Bestandtheile der Galle ausmachen, scheint es nachgewiesen, daß sie im Blute selbst gebildet werden. Die Cholsäure wurde, wenn auch in sehr geringer Quantität, in dem Blute eines gesunden Ochsen aufgefunden. Dagegen wissen wir mit Sicherheit, daß der Zucker, den die Lebervenen in reichlicher Menge führen, in dem Pfortaderblute nicht enthalten ist, daß er auch bei Fröschen, denen man die Leber weggenommen hat, nicht in dem Blute vorkommt, und daß er sonach in der Leber selbst gebildet wird.

Nicht minder geht aus der vergleichenden Untersuchung des Pfortader- und Lebervenenblutes hervor, daß ein Theil des Eiweißes, beinahe der ganze Faserstoffgehalt und fast alle Oelsäure, die in dem Pfortaderblute enthalten waren, in der Leber verschwinden und offenbar zu der Gallebereitung benutzt werden. So möchte man denn wieder auf die Leber als alleinige Bildungsstätte der Galle schließen. Wenn man aber dann berücksichtigt, daß bei entleberten Fröschen keine Gallenbestandtheile im Körper gefunden wurden, so dürfte man hierin wieder eine Rechtfertigung der Ansicht erblicken, daß die Galle auf Kosten des Pfortaderblutes und der in dasselbe übergegangenen Stoffe gebildet wird. Dem steht aber dann wieder entgegen, daß das Kind im Mutterleibe, das doch gewiß keine Stoffe von außen erhält, dennoch Galle absondert, die in den ersten Tagen nach der Geburt als Kindspech (Meconium) ausgeleert wird, und so würden wir uns am Ende zu der Ansicht bekennen, daß hier ein verwickelter Prozeß Statt findet, und gewisse Theile der Galle im Blute vorgebildet, andere in der Leber neu erzeugt sind.

Siebenter Brief.

Die Aufsaugung.

Alle Gewebe unseres Körpers, so fest oder trocken sie auch erscheinen mögen, sind dennoch beständig von Flüssigkeit durchtränkt. Die Wandungen der Gefäße, innerhalb welcher das Blut und die Lymphe unseres Körpers sich bewegen, sind durchdringlich für wässerige Stoffe, und daß diese Durchdringung beständig Statt finde, dies lehrt die tägliche Erfahrung. In diesem so äußerst einfachen Verhältnisse aber ist der ganze Prozeß der Ernährung, der Absonderung, der Aufsaugung begründet; denn alle Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Substanzen und Geweben des Körpers geschehen nicht unmittelbar, sondern werden durch feuchte Membranen vermittelt. Die Blutbahn ist überall in sich abgeschlossen; nirgends existirt eine offene Mündung eines Gefäßes; die Lymph- und Chylusgefäße sind ebenfalls, wenigstens der Meinung der meisten Forscher zu Folge, von allen Seiten geschlossene Röhren; der Verdauungskanal ist nur nach Außen, nirgends in die Gewebe des Körpers geöffnet, die absondernden Kanäle befinden sich in demselben Falle, sie stehen nur mit der äußeren Oberfläche, nicht aber mit den Blutgefäßen, aus welchen sie ihr Sekret ziehen, in unmittelbarem Zusammenhange. Der Uebergang von Stoffen aus dem Darmkanale in das Blut oder die Lymphe und aus der Blutbahn in die absondernden Organe, mit einem Worte, der ganze vegetative Lebensprozeß wäre demnach eine reine Unmöglichkeit, wenn nicht

alle diese Röhren, Kanäle und Flächen in solcher Art gewebt wären, daß Flüssigkeiten durch sie hindurchdringen und der Stoffwechsel auf diese Weise vor sich gehen könnte.

Jedermann weiß aus der täglichen Erfahrung, daß trockene organische Stoffe in wässerige Flüssigkeiten gelegt eine gewisse Quantität davon auffangen, und durch diese Auffangung selbst ein bedeutenderes Volumen einnehmen oder quellen. Diese Quellung verändert in der einflußreichsten Weise die physikalischen Verhältnisse der Organe, namentlich ihre Elasticität und Dehnbarkeit, und es ist nicht zu viel gesagt, wenn man behauptet, daß ohne die beständige Durchdringung unserer sämmtlichen Organgewebe mittelst der aus dem Blute ausgeschwitzten Flüssigkeit sowohl vegetatives Leben als Bewegung des Organismus durchaus unmöglich wäre. Das Maß von Flüssigkeit, welches die einzelnen Gewebe bei der Quellung aufnehmen, ist sehr verschieden, je nach der Zusammensetzung der Flüssigkeit selbst, sowie nach dem Zustande, in welchem sich das Gewebe befindet. So hat man, um nur ein Beispiel anzuführen, gefunden, daß ein Gewichtstheil trockenes Sehnengewebe in 24 Stunden beinahe das Doppelte seines Gewichtes an Wasser, etwa ein gleiches Gewicht Salzwasser, aber nur $\frac{1}{10}$ Oel in sich aufnimmt. Fleisch nimmt um so weniger Salzwasser an, je stärker der Gehalt desselben an Salz ist, und darauf beruht auch die in Haushaltungen bekannte Erscheinung, daß bei dem Einpöckeln des Fleisches das Salz aus dem Fleisch Wasser herauszieht und eine Salzlacke gebildet wird, auch ohne daß man Wasser hinzuschüttet. Das frische Fleisch, welches mit wenig eiweißhaltigem Wasser der Blutflüssigkeit vollständig durchtränkt ist, kann nicht die gleiche Menge von gesättigtem Salzwasser aufnehmen, und es wird demnach durch den Salzgehalt ein Ueberschuß von Wasser aus dem Fleische herausgepreßt. Ganz der gleiche Vorgang findet in unserem Darmkanale Statt, wenn wir z. B. stark gesalzene Speisen oder ein salzhaltiges Laxirmittel nehmen. Es wird der inneren Darmhaut oder vielmehr dem darin cirkulirenden Blute eine gewisse Menge von Flüssigkeit so lange entzogen,

bis die im Darm befindliche Masse dem Quellungsgrade der Darmhaut entspricht.

Die Quellung und vollständige Durchbringung der organischen Gewebe mit Flüssigkeit ist die erste und nothwendige Bedingung des beständigen Stoffumsatzes, welcher in dem Organismus vor sich geht. Die thierischen Häute sind alle, mit wenigen Ausnahmen, aus Fasern gewebt, zwischen welchen Blutgefäße, Nervenfäden und Lymphgefäße in mancherlei Maschennetzen sich durchschlingen. Die Zwischenräume, welche das Gewebe bildet, bieten den hauptsächlichsten Hebel der Austauschungen dar, welche in dem Innern des Parenchyms vor sich gehen. Sobald nämlich eine thierische Haut auf beiden Seiten mit Flüssigkeiten in Berührung kommt, die unter sich irgend eine Verschiedenheit bieten, mag diese Verschiedenheit nun qualitativ oder quantitativ sein, so geschieht ein Austausch der Bestandtheile zwischen beiden Flüssigkeiten, der durch das Gewebe der Haut selbst vermittelt wird und so lange anhält, bis das Gleichgewicht auf beiden Seiten hergestellt ist. Man hat diese Erscheinung Endosmose genannt, und vielfache Versuche, die größtentheils in der neuesten Zeit angestellt wurden, haben uns diese Erscheinung in mannichfaltigster Weise kennen gelehrt. Doch sind viele dieser Versuche mehr physikalisch als physiologisch wichtig, indem man meist nur die Gegenwirkung einfacher Substanzen untersucht und dabei außer Augen gelassen hat, daß in dem lebenden Körper stets nur Flüssigkeiten von sehr complicirter Beschaffenheit in Wechselwirkung treten. Ebenso sind die meisten Versuche mit Flüssigkeiten angestellt, die beiderseitig im Zustande der Ruhe sich befanden, während im Körper meist doppelt bewegte oder wenigstens einseitig bewegte Flüssigkeiten auf einander wirken. So können wir denn wohl sagen, daß trotz vielfacher Untersuchungen über die Endosmose und trotz der Kenntniß der physikalischen Grundgesetze derselben dennoch gerade die Anwendung dieser Grundgesetze auf die Vorgänge im Organismus noch vielfachen Schwierigkeiten und Dunkelheiten unterliegt. Die Erscheinung der Endosmose an sich ist ungemein leicht zu beobachten. Man

braucht zu diesem Ende nur ein Stück von dem Darme eines Thieres an beiden Enden zuzubinden, nachdem man es schlaff mit Weingeist gefüllt hat, und es dann in ein Gefäß mit Wasser zu legen. Bald schwillt das Darmstück an, es füllt sich vollständig, und wenn man, ehe es durch übermäßige Anfüllung platzt, die darin angehäufte Flüssigkeit untersucht, so findet man, daß sie aus wässerigem Weingeiste besteht. Das Wasser ist mithin von außen her durch die Darmhäute in die innere Höhle gedrungen und hat sich mit dem darin befindlichen Weingeiste gemischt. Allein das Wasser in der Schüssel, in welcher der Darm lag, bietet einen schwachen alkoholischen Geschmack dar, und es ergiebt sich, daß auch einiger Weingeist nach außen gedrungen und sich mit dem Wasser gemischt hat. Es ist mithin durch die Darmhaut ein wirklicher Austausch zwischen den beiden Flüssigkeiten vermittelt worden, wodurch eine jede derselben Bestandtheile von der andern erhalten hat; nur mit dem Unterschiede, daß die eine mehr, die andere weniger empfing und ein einseitiges Uebergewicht Statt hat. Man hat deßhalb nicht mit Unrecht die Endosmose eine Einsaugung mit doppelter Strömung genannt, wobei meist der eine Strom mächtiger ist, als der andere.

Die hauptsächlichste Bedingung, welche zur Existenz einer solchen doppelten Strömung nöthig ist, betrifft die chemischen Eigenschaften der Flüssigkeiten, welche man mit der Membrane in Berührung bringt. Es ist leicht einzusehen, daß Stoffe, welche das Gewebe der Membran zerstören oder ihre Porosität durch Verbindung mit ihren Elementen aufheben, daß solche Stoffe auch unfähig sind, endosmotische Erscheinungen hervorzubringen. So kann z. B. eine Mineralsäure, wie etwa Schwefelsäure, in verdünnten Auflösungen endosmotisch durchgeführt werden, während sie in concentrirtem Zustande die Membran zerstört und keiner Endosmose fähig ist. Eine Vergiftung mit Nordhäuser Schwefelsäure, die bei dem Gebrauche der letzteren zu verschiedenen Gegenständen der häuslichen Oekonomie leider nicht selten vorkommt, tödtet nicht dadurch, daß, wie bei Opium oder einem anderen Gifte dieser Art, der verderbliche Stoff in

das Blut aufgenommen wird und von hieraus wirkt; sondern sie tödtet durch Zerstörung der Schleimhäute des Mundes und Magens und durch die brandige Entzündung, welche die nothwendige Folge einer solchen Zerstörung ist.

Ein zweiter wichtiger Grundsatz ist der, daß die Flüssigkeiten, welche endosmotisch durch eine Membran gehen sollen, mit der Flüssigkeit, welche diese Membran selbst tränkt, mischbar sein müssen. Eine mit Wasser getränkte thierische Haut kann noch so lange mit Oel in Berührung stehen, es wird kein Tropfen der fettigen Flüssigkeit durch sie hindurchdringen, eben weil Oel und Wasser nicht mit einander mischbar sind; ebenso werden mit Oel und Fett getränkte Membranen wässerigen Flüssigkeiten keinen Durchgang gestatten. Es leidet indeß dieses Gesetz eine Ausnahme, sobald die Fette so fein zertheilt sind, daß sie durch die Poren hindurchdringen können, ein Durchgang, der dann besonders erleichtert wird, wenn sich die aufs Feinste zertheilten Fette milchartig in Flüssigkeiten aufgeschwemmt finden, welche verseiftes Fett in Auflösung enthalten. Wir haben bei der Darstellung der Verdauungsthätigkeit gesehen, daß bei weitem nicht alles im Darmkanal aufgenommene Fett verseift wird, sondern daß das meiste in mechanisch fein zertheiltem Zustande in die Blut- und Lymphgefäße übergeführt wird. Wäre dies nicht der Fall, so würde die Aufnahme unverseifter Fette überhaupt unmöglich sein, da alle thierischen Gewebe stets mit eiweißhaltiger wässeriger Flüssigkeit durchtränkt sind. Indeß ist damit, daß ein Uebertritt in größeren Tropfen nicht Statt finden kann, dennoch nicht gesagt, daß wässerige und fette Flüssigkeiten ganz ohne Einwirkung auf einander seien; man hat im Gegentheile gefunden, daß diese Flüssigkeiten, auch ohne sich zu mischen, dennoch diejenigen Stoffe unter einander austauschen, welche in beiden lösbar sind.

Zur Herstellung einer endosmotischen Strömung genügt, wenn die beiden genannten Bedingungen erfüllt sind, eine jede Verschiedenheit zwischen den beiden Flüssigkeiten, mag dieselbe nun durch ihre Zusammensetzung oder ihre Dichtigkeit gegeben

sein. Auflösungen von chemisch verschiedenen Stoffen tauschen sich eben so gut unter einander aus, als Auflösungen desselben Stoffes, welche einen verschiedenen Concentrationsgrad besitzen. Eine schwache Auflösung von Eiweiß auf der einen, eine starke Lösung auf der anderen Seite werden sich so lange mit einander austauschen, bis beide zu derselben Dichtigkeit gelangt sind, und zwar wird der Hauptstrom von der wässerigen Flüssigkeit gegen die concentrirte Statt haben. Es giebt diese Erscheinung den Schlüssel zu der schnellen Aufnahme wässeriger Flüssigkeiten innerhalb des Darmkanales. Getränke verschwinden fast augenblicklich, und nach einigen Augenblicken erscheinen sie, ausgeschieden aus dem Blutstrome, im Harne. Man kann nun aber das Blut füglich als eine Auflösung von Eiweiß und Faserstoff betrachten, als eine Flüssigkeit von einer Concentration, die weit bedeutender ist, als die der meisten unserer Getränke. Sobald diese letzteren in dem Magen angelangt sind, so entsteht ein lebhafter endosmotischer Strom in die Blutgefäße, und die Flüssigkeit wird so lange in den Blutstrom hinübergerissen, bis sie auf gleichem Dichtigkeitsgrade mit dem Blute steht. Die große Schnelligkeit, womit dieser ganze Vorgang sich vollendet, ist leicht erklärlich aus der ungemeinen Dünne und Zartheit der Membranen, durch welche der Austausch vor sich geht. Die Capillaren und die Lymphgefäße, welche ihre Netze in den Falten der Magenschleimhaut, in den Zotten des Darmes bilden, sind aus äußerst zarten Häuten gewebt, und die darüber gezogene Decke von Zellen, welche die äußerste Lage der Zotten bildet, ist ebenfalls nur dünn und sehr porös. Je feiner aber eine die Endosmose vermittelnde Haut ist, desto schneller geht der Austausch zwischen zweien, dieselbe berührenden Flüssigkeiten vor sich.

Versuche der neuesten Zeit haben nachgewiesen, daß auch der Bau der Häute einen wesentlichen Einfluß auf die Schnelligkeit des Austausches in gewisser Richtung habe. Der Hauptstrom geht, wie schon oben bemerkt wurde, bei Auflösungen derselben Substanz von verschiedenem Dichtigkeitsgrade von der

schwächeren Lösung nach der concentrirteren hin. Man hat nun bemerkt, daß in jeder Membran eine gewisse Richtung vorherrscht, nach welcher hin die Endosmose schneller und leichter vor sich geht. So hat man beobachtet, daß bei Anwendung der äußeren Haut der Austausch weit schneller und mit weit größerer Intensität vor sich geht, wenn die concentrirte Lösung auf der äußeren, die schwächere auf der inneren sich findet, der Strom mithin von Innen nach Außen geht, als wenn der umgekehrte Fall eintritt; bei gewissen Schleimhäuten hat man bemerkt, daß der Strom leichter von Außen nach Innen geht. Es versprechen diese Versuche, wenn sie weiter fortgesetzt werden und ihr Prinzip sich bestätigt, wichtige Aufschlüsse über die Natur gewisser Häute, und wenn nachgewiesen werden könnte, daß in allen absondernden Membranen der Strom leichter von Innen nach Außen, in allen aufsaugenden dagegen in umgekehrter Richtung vor sich geht, so würde dies ein unerwartetes Licht auf die Erscheinungen der Absonderung und Aufsaugung werfen.

Von bedeutendem Moment ist noch, wie man sich leicht denken kann, die Strömung und Bewegung der Flüssigkeit, und es kann dieselbe in der That manche andere bestimmende Momente der Stromesrichtung mehr oder minder bedeutend modifiziren. Ruht eine Flüssigkeit, während eine andere an der trennenden Scheidewand sich hinbewegt, so wird die Tendenz des endosmotischen Stromes schon deßhalb nach der bewegten Flüssigkeit gehen, weil stets neue Theile derselben mit der Scheidewand in Berührung kommen, und wenn die Geschwindigkeit bedeutend genug ist, um einer vollständigen Sättigung entgegen zu wirken, so wird auch die Aufnahme aus der ruhenden Flüssigkeit um so schneller vollendet sein. Die günstigsten Beziehungen dieser Art sind an dem Darm wie an der Lunge entwickelt, wo das in stetem Umschwunge befindliche Blut, in tausend Röhren vertheilt, schnell genug umhergetrieben wird, um die in den Hohlräumen der genannten Organe befindlichen luftförmigen oder flüssigen Massen als ruhend erscheinen zu

lassen. Die Aufsaugung ist deßhalb wesentlich in beiden Organen durch dies einfache Verhältniß der Blutgefäße begünstigt, und bei den Lungen ist diese Begünstigung noch größer, als bei dem Darme, weil die Blutgefäßmaschen in den Lungen außerordentlich eng, die Haargefäße selbst aber verhältnißmäßig weit und ihre Wände äußerst dünn sind. Es ist deßhalb auch vollkommen gleichgültig, ob man eine Substanz, ein Gift z. B., direkt in den Blutstrom oder in die Lungen spritzt, da die Aufsaugung in den Lungen in unmeßbar geringer Zeit geschieht. Es erklärt sich aber auch aus demselben Umstande, weßhalb giftige Dämpfe und Gasarten, die der atmosphärischen Luft beigemengt sind und geathmet werden, so außerordentlich gefährlich sind, und selbst in kleinen Mengen bedeutende Wirkungen auf den Organismus hervorbringen. Nicht minder erklärt sich aus der Einrichtung, die am Darme Statt findet, der Umstand, daß manche Beobachter bei lebenden Thieren keine Erscheinungen der Endosmose wahrnehmen konnten. Versuche dieser Art wurden in folgender Weise gemacht. Man öffnete die Unterleibshöhle eines lebenden Thieres, isolirte ein Stück Darm, in das man die wässerige Auflösung eines leicht erkennbaren Salzes spritzte, unterband das Darmstück auf beiden Seiten, so daß die Flüssigkeit nicht in den übrigen Darm eindringen konnte, und brachte Alles in die Bauchhöhle zurück. Nach einer halben Stunde etwa zog man die unterbundene Darmschlinge wieder hervor und untersuchte, ob die eingespritzte Flüssigkeit auf die Außenfläche des Darmes durchgedrungen sei. Man erhielt, wie sich von selbst versteht, ein negatives Resultat. Blutgefäße und Lymphgefäße hatten begreiflicher Weise das in die Darmhaut Eingedrungene fortgeschafft, da die Bewegung der in ihnen enthaltenen Flüssigkeiten in keiner Weise gestört worden war.

Betrachten wir den Darmkanal im Großen, so erscheint er als ein enges, in die Länge gezogenes Rohr, auf dessen innerer Oberfläche ein außerordentlicher Reichthum von Capillargefäßnetzen, so wie von Lymphgefäßen sich entwickelt hat. Das zu dem Darmkanale strömende Blut wird durch mehrere Zweige der

großen Körperschlagader, der Aorta, geliefert; das von dem Darme zurückströmende Blut tritt in der Pfortader zu einem Stamme zusammen, um sich dann wieder in dem Haargefäßnetz der Leber zu verzweigen. Die Lymphgefäße, deren Endigungen bei weitem noch nicht so genau dargestellt sind, als wünschbar wäre, die aber wahrscheinlich auch überall geschlossene Röhren darstellen, treten in einzelne Stämme zusammen, welche in den Lymphdrüsen des Gekröses sich knäuelartig verwickeln, dann aber ihren Weg nach dem Milchbrustgange fortsetzen, der sich in die linke Schlüsselbeinvene ergießt. Alle diese Gefäße enthalten beständig Flüssigkeit; — die einen Blut, die andern Milchsaft; ihre Wände sind aus feinen Häuten gewebt und demnach beständig von Flüssigkeit durchdrungen; die Schleimhaut des Darmkanals ist ebenfalls jederzeit mit Flüssigkeit getränkt; es muß also nothwendig ein steter Austausch von Stoffen zwischen den Blut- und Lymphgefäßen einerseits und dem Darmkanale andererseits Statt haben. Auf diese Weise kann man schon von vorn herein, nur aus der Kenntniß der anatomischen Anordnung des Ganzen, den Schluß ziehen, daß den im Darmkanale von Außen her aufgenommenen Stoffen zwei Wege gegeben sind, um in die Blutbahn und zwar in das venöse Blut zu gelangen: ein direkter, durch die Lymphgefäße, wo die Substanzen kein absonderndes Organ mehr durchlaufen und unmittelbar in die Venen ergossen werden, und ein längerer durch die Capillargefäße des Blutsystemes, welche erst als Pfortader in dem absondernden Organe der Leber sich verzweigen, ehe sie in die Hohlvene einmünden. Man hat den letzteren lange Zeit hindurch alles und jedes Aufsaugungsvermögen abgesprochen und dasselbe lediglich den Lymphgefäßen vindicirt; — andere haben, durch die große Schnelligkeit, womit Stoffe in das Blut übergehen, überrascht, den Capillargefäßen und den Venen einzig und allein die Funktion der Aufsaugung zugesprochen und die Lymphgefäße als eine Art Luxusartikel in der thierischen Oekonomie betrachten wollen; — die Wahrheit liegt auch hier, wie so oft, in der Mitte, und es handelt sich nur darum, jedem dieser Gefäße die ihm zugehörige

Rolle in der für die Existenz des Organismus so wichtigen Function der Aufsaugung nachzuweisen.

Die Lymphgefäße der höheren Thiere besitzen keinen solchen bewegenden Mechanismus, wie das Blutgefäßsystem: es existirt kein Herz in der ganzen Ausbreitung der Lymphgefäße, wodurch der Inhalt nach einer gewissen Richtung hin getrieben werden könnte. Bei den niederen Thieren verhält sich das anders; die Fische, die Amphibien, die Vögel besitzen contractile Lymphherzen, durch welche die Lymphe in die Venen übergetrieben werden kann. Bei den Säugethieren und dem Menschen fehlt ein solcher Apparat gänzlich, es müssen hier also andere bewegende Ursachen der Lymphe und des Milchsaftes aufgesucht werden. An der Thatsache des Strömens dieser Flüssigkeiten innerhalb der Lymphgefäße nach dem Milchbrustgange und der linken Schlüsselbeinvene hin kann nicht gezweifelt werden, und es ist leicht, sie in einem Versuche zur Anschauung zu bringen. Schon die Richtung der im Innern der Lymphgefäße angebrachten Klappen deutet darauf hin. Man kann die Lymphgefäße nicht vom Stamme aus gegen die Aeste hin einspritzen, wie etwa die Arterien; die im Innern befindlichen Klappen stellen sich sogleich auf und verwehren der Flüssigkeit den Durchgang. Oeffnet man bei einem jungen, säugenden Thiere den Unterleib und breitet das Gekröse aus, um die Milchgefäße, welche vom Darme herkommen, in ihrer ganzen Ausdehnung überschauen zu können, so zeigen sich diese Lymphgefäße strotzend mit einem milchweißen Chylus erfüllt. Legt man einen Faden um eines derselben, so füllt sich die Strecke des Milchgefäßes zwischen dem Faden und dem Darme bis zum Bersten an, und bei einem Einstiche in das Gefäß spritzt der Inhalt im Bogen hervor, während von dem Faden weg nach dem Milchbrustgange hin das Gefäß sich nach der Unterbindung entleert hat. Derselbe einfache Versuch bringt aber noch eine andere Eigenthümlichkeit der Milchgefäße zur Anschauung, die nicht ohne Resultat für die Auffassung der in ihnen herrschenden Bewegung bleibt. Die Milchgefäße füllen und entleeren sich nämlich abwechselnd, wenn man sie in dem

Gekröse eines lebenden Thieres betrachtet, und die darin enthaltene Flüssigkeit schiebt sich dadurch stets weiter und weiter vom Darme weg. Spürt man nun dem Rhythmus dieser abwechselnden Füllungen und Entleerungen nach, so ergiebt sich bald, daß derselbe mit den wurmförmigen, peristaltischen Bewegungen des Darmes in einem gewissen Zusammenhange steht. Einer jeden Zusammenziehung einer Darmstelle folgt die Anfüllung des Lymphgefäßes und eine beschleunigte Bewegung des darin enthaltenen Milchsaftes; der Erschlaffung des Darmes folgt das Zusammensinken des Lymphgefäßes, das sich entleert, in sich zusammenfällt und enger in seinem Lumen wird, als es bei der Anfüllung im ausgedehnten Zustande war.

Es scheint, als ob dieses Phänomen, das sehr leicht bei jungen, säugenden Thieren zu beobachten ist, den Schlüssel zu der Ursache der Lymphbewegung geben könne. In der That werden auch nur in solchen Organen Lymphgefäße beobachtet, welche entweder selbstständig durch Zusammenziehung ihr Volumen ändern können, oder aber so von muskulösen Theilen umgeben sind, daß sie stets abwechselndem Drucke ausgesetzt werden können. In den Knochen, so wie im Gehirne, in welchen kein solches Verhältniß Statt haben kann, sind auch bis jetzt noch keine Lymphgefäße nachgewiesen worden. Es sind demnach großentheils die Muskularbewegungen anderer umliegenden Gebilde, welche den Grund zur Bewegung der Lymphe und zur Fortschaffung dieser Flüssigkeit in sich enthalten. Die Lymphgefäße verhalten sich etwa, wie die Capillarröhren eines Badeschwammes, welchen man mit dem einen Ende ins Wasser taucht. Die Röhren saugen sich voll Wasser, das beim Zusammendrücken des Schwammes wieder hervorquillt; beim Nachlassen des Drucks wird sogleich wieder Wasser nachgesaugt. Bei den Lymphgefäßen findet nur der Unterschied Statt, daß hier durch den Bau und die Vereinigung der Kanäle dem Ausflusse eine bestimmte Richtung gegeben ist. Ein durch endosmotische Strömung an seinem peripherischen Ende angefülltes Lymphgefäß wird daselbst zusammengedrückt; die darin enthaltene Flüssigkeit wird durch diesen

Druck nach dem Stamme hin fortgeschoben. Läßt der Druck nach, so kann, der Klappen wegen, die Flüssigkeit nicht zurück strömen; sie sammelt sich hinter den Klappen an. Unterdeß füllt sich der entleerte Theil des Lymphgefäßes von Neuem und bei erneuertem Drucke wird die frisch aufgesaugte Flüssigkeit auch wieder weiter geschoben. Der Mechanismus der Lymphgefäße ist demnach einer Saugpumpe mit elastischen Röhren zu vergleichen, wo aber der hebende Zug des leeren Raumes durch einen aktiven, auf die Röhren selbst wirkenden Druck ersetzt ist.

Eine Menge alltäglicher und Jedermann bekannter Erscheinungen zeigen den Einfluß der Muskelzusammenziehungen auf die Bewegungen der Lymphe. Bei längerem Sitzen zu Pferde oder im Wagen schwellen die Beine wassersüchtig an durch Erguß von Flüssigkeit in das Zellgewebe. Aktive Bewegung der Glieder, Gehen zu Fuße ist das beste Mittel, um diese Anschwellung verschwinden zu machen, denn sie ist einzig und allein Folge der Bewegungslosigkeit, in welcher die Beine längere Zeit hindurch erhalten wurden. Das aus den Blutgefäßen in das Gewebe ausgeschwitzte Blutwasser, welches bei gewöhnlicher Bewegung von den Lymphgefäßen aufgesaugt und weggeschafft wird, sammelt sich jetzt in dem Gewebe an, da in Folge der Unthätigkeit der Muskeln die Bewegung in den Lymphgefäßen stockt — daher die wassersüchtige Anschwellung und ihre Heilung bei sofortiger Bethätigung der Lymphbewegung. Vielleicht, daß ein ähnliches Verhältniß in gewissen Krankheiten obwaltet, wo durch Lähmung des Nerveneinflusses die peristaltischen Zusammenziehungen des Darmes geschwächt und verlangsamt werden und als Folge dieser Paralysirung des Haupthebels der Milchsaftbewegung dann allgemeines Sinken der Ernährung und des Auffaugungsprozesses eintritt.

Die Muskelbewegungen und Volumveränderungen der umgebenden Theile aber sind nicht die alleinigen Hebel der Bewegung in den Lymphgefäßen. Es giebt auch noch selbstständige Contractionen der Gefäßstämme, die zwar sehr langsam sind, aber doch beobachtet wurden an lebenden Thieren, und deren Vor-

handensein auch dadurch wahrscheinlich wird, daß an dem Milchbrustgange ähnliche unwillkürliche, im Ring gelagerte Muskelfasern nachgewiesen werden können, wie an anderen contractilen Röhren. Daß aber die Lymphgefäße Contractilität besitzen und die in denselben enthaltene Flüssigkeit stets unter einem gewissen Drucke steht, geht schon aus dem Umstande hervor, daß ein angefülltes Lymphgefäß, wenn es angestochen wird, ganz so im Strahle spritzt, wie eine Vene; ein Beweis, daß die Flüssigkeit unter einem gewissen, von den Wandungen ausgeübten Drucke steht.

Die Aufsaugung durch die Capillargefäße des Blutsystems unterliegt Gesetzen, die zwar im Prinzipe durchaus dieselben bleiben, deren Wirkung aber, durch die speziellen Verhältnisse der Haargefäße, sehr bedeutend modifizirt ist. Das Blut, welches in den Capillaren cirkulirt, wird von dem Herzen aus in raschem Strome durch die feinen Maschen getrieben; eine Blutwelle drängt die andere und eine nach der anderen kommt in enge Wechselwirkung mit den aufsaugenden Stoffen. Im weiteren Laufe aber durchströmt das Blut die Leber, die Lungen und verschiedene andere Sekretionswerkzeuge, ehe es wieder an die Stelle der Aufsaugung, das heißt zum Darmkanale zurückkommt. Die Blutwelle, welche schon einmal aufgesaugt hat, kann demnach auf ihrer Bahn sich aller aufgenommenen Stoffe entledigt haben und von Neuem zu endosmotischem Austausche fähig sein. Die Schnelligkeit, womit Flüssigkeiten in die Capillargefäße eindringen, ist nicht minder beträchtlich, als die Durchdringung der Lymphgefäße, denn die Häute beider sind gleich dünn und zart gewebt. Wenn aber dieses eine Moment der Aufsaugung dasselbe ist in beiden Arten von Gefäßen, so ist im Gegentheile die Schnelligkeit der Verbreitung der aufgesaugten Stoffe durch den ganzen Körper himmelweit verschieden. In den Lymphgefäßen wird nur langsam der Inhalt nach den Stämmen und dem Milchbrustgange hingeschoben, während die von den Blutgefäßen aufgenommene Substanz in wenig Minuten den ganzen Körper

durchläuft, und entweder irgendwo verbraucht, oder von den Absonderungsorganen ausgeworfen wird.

Die Versuche, denen man zu Folge den Lymphgefäßen alle Auffaugungsfähigkeit absprach, waren in so fern mangelhaft, als man nicht die gehörige Geduld hatte, abzuwarten, bis das bei der langsamen Bewegung der Lymphe nothwendig erst sehr spät sich zeigende Resultat eintrat. Dann aber berücksichtigte man auch den zweiten Faktor der Lymphbewegung, die selbstständige Contraktion der Gefäßwandungen, nicht genug und wählte Substanzen zu diesen Versuchen, welche auf diese Contraktionen einen lähmenden Einfluß ausüben. Das Prinzip, nach welchem die Versuche angestellt wurden, war richtig; Vernachlässigung der Nebenumstände machte das Resultat fehlerhaft. Man stellte die Versuche nämlich in der Art an, daß man die zu einem Gliede oder isolirten Darmstücke gehenden Blutgefäße unterband und nun in eine Wunde oder in die Höhle des Darmes ein starkes narkotisches Gift, z. B. Strychnin oder Opium, brachte. So lange der Kreislauf in dem isolirten Körpertheile unterbrochen war, zeigten sich, auch nach stundenlangem Harren, keine Vergiftungserscheinungen; sobald man aber die Unterbindungsfäden löste und dadurch den Kreislauf wieder herstellte, so zeigten sich auch die dem Gifte eigenthümlichen Wirkungen. Ebenso erschienen Substanzen, die zwar nicht giftig wirkten, aber entweder durch ihre Farbe oder ihre Reaktion sich leicht in kleinen Mengen auszeichnen, nach sehr kurzer Zeit in den Blutgefäßen und erst nach mehreren Stunden in der Lymphe der Stämme und des Milchbrustganges. Aus diesen Versuchen, deren Richtigkeit nicht angefochten werden kann, schloß man nun auf der linken Seite des Rheines etwas übereilt auf die totale Unfähigkeit der Lymphgefäße, Substanzen aufzusaugen, und läugnete somit die ihnen bisher zuerkannte Funktion, an deren Stelle freilich man keine andere zu setzen wußte. Indeß ging man hierin offenbar zu weit; man vergaß, daß nach Fütterung der Thiere mit gewissen Substanzen diese während der Verdauung in den Milchgefäßen nachgewiesen werden können; man vergaß, daß manche Gifte,

und besonders thierische, offenbar durch die Lymphgefäße aufgesaugt werden, wie dieß in solchen Fällen die nachfolgenden krankhaften Erscheinungen auf das Ueberzeugendste darthun. Wie oft erfolgen nach Verwundungen, bei Sektionen faulender oder an bösartigen, zersetzenden Krankheiten verstorbener Leichname schmerzhafte Entzündungen, bei welchen die Lymphgefäße des verwundeten Theiles strangartig anschwellen, hart werden, und wo zuweilen die Entzündung sich in die benachbarten Lymphdrüsen fortsetzt und hier hartnäckige Eiterungen, nicht selten sogar den Verlust des Gliedes oder selbst allgemeine Vergiftung zur Folge hat! Die Vorsichtsmaßregeln gegen solche, leider nur allzu häufige Zufälle und ihre Folgen waren den Anatomen und Physiologen meistens aus eigener, schmerzhafter Erfahrung bekannt, und darum konnte auch die neue Lehre von der Unthätigkeit der Lymphgefäße sich keinen vollkommenen Beifall erringen. Die aus den Versuchen selbst aber gezogenen Schlüsse erhielten bald die bedeutendsten Modifikationen. Die Farbestoffe, die Reagentien, die Nahrungssubstanzen waren stets einige Stunden nach der Aufnahme in den Körper auch im Laufe der Lymphgefäße nachgewiesen worden, und da man anatomisch erhärten konnte, daß keine Verbindung zwischen den Aesten und Zweigen der Lymphgefäße und den Blutgefäßen existirt, so war dadurch der Schluß gerechtfertigt, daß die Lymphgefäße zwar allerdings auffaugen, aber im Verhältniß zu den Blutgefäßen nur sehr langsam. Daß narkotische Gifte gar nicht von ihnen aufgenommen werden, war um deßwillen erklärlich, weil diese Gifte die Muskularzusammenziehung der Lymphgefäße bei örtlicher Applikation unmittelbar lähmen. Die Berührung dieser Gifte mit der inneren Haut der Lymphgefäße mußte mithin nothwendig die Bewegung in diesen Gefäßen selbst vernichten, indem sie ihre selbstständigen Contractionen lähmte. Noch mehr wirkte aber bei solchen Versuchen, wo man z. B. die Unterleibsaorta unterband und so den Blutlauf in den Hinterfüßen aufhob, die dadurch bewirkte Lähmung des Beines. Wenige Minuten nach dem Verschwinden des Blutlaufes ist die Extremität völlig gelähmt,

bewegungslos und zugleich erkalten sie nach und nach — wie soll da eine Fortbewegung der Lymphe Statt finden können?

Der Hauptunterschied zwischen den Lymph- und Blutgefäßen hinsichtlich der Aufsaugung beruht demnach in der verschiedenen Schnelligkeit, womit die Stoffe in denselben aufgenommen und weiter geführt werden. Damit ist aber auch zugleich ein fundamentaler Unterschied hinsichtlich der Natur dieser aufzunehmenden Substanzen selbst gegeben, und einzig aus diesem Umstande ist es erklärlich, warum die Blutgefäße hauptsächlich solche Stoffe aufsaugen, welche dem Körper in ihrer Zusammensetzung heterogen sind, und die meist als fremde Stoffe wieder ausgeleert werden, während die Lymphgefäße die eigentlichen Kanäle zur Ueberführung der nährenden Substanzen sind, mögen nun diese von Außen her aufgenommen werden, wie es in dem Darmkanale der Fall ist, oder sich als Ueberschuß bildender Flüssigkeit in den Geweben des Körpers und dem Blute ausgeschieden haben.

Die in dem Darmkanal aufgenommenen Stoffe bilden dort einen Brei, in welchem hauptsächlich Faserstoff, Eiweiß, Fett, Zucker und stärkemehlhaltige Substanzen aufgelöst und mit mancherlei fremdartigen Bestandtheilen und mineralischen Salzen gemengt erscheinen. Dieser Brei ist in beständiger, vielseitiger Berührung mit der Schleimhaut des Darmes, in beständigem Austausche mit den Lymphgefäßen und den Capillarnetzen der Schleimhaut. Die erste Wirkung dieser Berührung wird sein, daß beide Flüssigkeiten sich auf einen gleichen Concentrationspunkt stellen, und daß das Blut entweder, wenn der Speisebrei weniger concentrirt ist, Wasser von ihm aufnimmt, oder aber, im entgegengesetzten Falle, Wasser an ihn abgibt. Da wir meist mehr oder weniger feste Nahrung zu uns nehmen, so wird dadurch das Bedürfniß der Suppen und anderer flüssigen Gerichte, so wie die Nothwendigkeit des Trinkens über Tisch und während der Verdauung leicht erklärlich. Das Blut stellt aber eine Auflösung von Eiweiß und Faserstoff mit mehreren Salzen vor. Sobald der Speisebrei einen ihm gleichen Concentrationsgrad hat, so wird weder Faserstoff noch Eiweiß, mithin keine unmit-

telbar nährende Substanz mehr vom Blute aufgenommen werden können. Fremdartige Stoffe dagegen, stärkemehlhaltige Substanzen und Salze werden durch schnellen Austausch in das Blut befördert und von diesem stets weiter geführt, so daß bedeutende Quantitäten solcher Stoffe aufgenommen werden können. Ihre Aufsaugung hört erst dann auf, wenn das Blut ebenso mit diesen Stoffen gesättigt ist, als die im Darme enthaltene Flüssigkeit; — ein Verhältniß, das um so seltener eintreten muß, als das Blut in den Sekretionsorganen stets wieder eine Ablage für fremdartige Stoffe besitzt. Die Aufnahme der direkt nährenden Stoffe, der Blutbildner, ist demnach nur dann möglich, wenn ungleiche Concentrationsgrade zwischen dem Speisebrei und dem Blute bestehen, die aber bei der Schnelligkeit des Kreislaufes bald ausgeglichen sind.

Anders verhält es sich mit den Lymphgefäßen. Diese füllen sich mit derjenigen Flüssigkeit, welche die Darmschleimhaut und deren Gewebe tränkt. Ob diese Flüssigkeit aus dem Blute oder aus den frisch aufgenommenen Stoffen herstammt, ist völlig gleichgültig; — sie füllen sich damit und führen sie langsam in stetem Zuge in den Kreislauf über. Man kann sich in der That die Bildung des Milchsaftes eben so wohl als einen Akt der Aufsaugung wie als einen Akt der Absonderung vorstellen. Wir sahen oben, daß eine jede Darmzotte in ihrer Mitte einen Kanal enthält, der das blinde Ende eines Milchgefäßes ist, und daß dieser Kanal ringsum von den Netzen der Blutgefäße umsponnen ist, die ihrerseits nur von den Zellen des Epitheliums bedeckt sind. Vergleicht man diese Anordnung mit derjenigen der Drüsengänge, so sieht man, daß der Anfang des Milchgefäßes ganz vollkommen dem Anfange eines Drüsenkanales entspricht, der ebenfalls von Blutgefäßnetzen umsponnen ist. Hierzu kommt noch, daß der Milchsaft in ähnlicher Weise, wie alle anderen Drüsenabsonderungen, eine constante Zusammensetzung hat, die nur in engen Grenzen schwankt und nur hinsichtlich des mechanisch beigemengten Fettes Verschiedenheiten zeigt; ganz so wie z. B. der Harn eine constante Zusammensetzung gewahren läßt,

die nur hinsichtlich der beigemengten, von außen eingeführten Salze wechselt. Neuere Untersuchungen stellen freilich die Struktur der Darmzotten, wie man sie bisher gefunden zu haben glaubte, wieder in Zweifel. Hiernach sollen die Cylinderepithelien, welche den Ueberzug der Darmzotten bilden, nicht vollständig geschlossen, sondern nach Außen wie nach Innen, gegen die Darm- wie gegen die innere Höhle nur durch eine zähe Schleimhaut gleichsam zugepfropft sein. So träte dann die im Darmrohr enthaltene Flüssigkeit mit den darin vertheilten Fetttröpfchen durch diese Schleimschichten, durch die Cylinder des Epitheliums und zwischen denselben hindurch in die Masse der Darmzotte und in die Zwischenräume ihres Gewebes, die unmittelbar mit der Centralhöhle communicirten. Diese sämmtlichen Zwischenräume wären demnach wandungslose Chyluswege, ebenso wandungslos wie die Centralhöhle der Zotte, und erst in der Muskelschicht des Darmes erhielten diese Chyluswege eigene Wandungen, die sie dann zu wahren Lymphgefäßen stempelten. Die Anfänge der Milchgefäße in der Darmschleimhaut bestünden demnach aus Zwischenräumen zwischen den einzelnen Formelementen der Zotte, die erst nach ihrer Sammlung zu größeren Stämmchen Wandungen und später Klappen erhielten. Die Bestätigung dieser Beobachtungen ist noch zu erwarten; das Resultat für das Leben und seine Oekonomie bleibt indessen durchaus dasselbe, wie man auch die Funktion der Lymphgefäße ansehen möge. Bekommt der Mensch keine Nahrung oder nur solche, welche kein Eiweiß, keinen Faserstoff enthält, so müssen diese Stoffe mit dem Blutwasser aus den Gefäßen treten, das Gewebe der Schleimhaut tränken und in den Bereich der Lymphauffaugung fallen. Erhält der Organismus dagegen eine an blutbildenden Stoffen reiche Nahrung, so werden diese in dem Darmkanale aufgelöst und durch die von ihnen durchtränkte Schleimhaut den Milchgefäßen zugeführt werden. Bei hungernden, wie bei wohlgefütterten Thieren wird daher der Chylus und die Lymphe einen etwa gleichen Gehalt an blutbildenden Stoffen bieten, denn die tränkende Ernährungsflüssigkeit bleibt in beiden

Verhältnissen etwa dieselbe hinsichtlich ihrer Zusammensetzung. Daß aber andere fremdartige Substanzen nur in sehr geringer Menge in den Chylus und die Lymphe aufgenommen werden, dieses ist leicht aus der Schnelligkeit ihrer Wegschaffung mittelst der Blutgefäße erklärlich. Bis nur eine einigermaßen bemerkliche Quantität dieser Stoffe in der trägen Bewegung der Lymphe fortgerückt und nach den Stämmen hin bewegt ist, haben die Blutgefäße schon die ganze Masse des fremden Stoffes aufgeräumt.

Als Resultat unserer Untersuchungen über die Auffaugung bleibt demnach festgestellt: die Lymphgefäße sind die beständige stete Zufuhrquelle der blutbildenden Bestandtheile und des Fettes, die Blutgefäße dagegen der Auffaugungsapparat für alle in ihrer Zusammensetzung dem Blute selbst noch fremdartigen Stoffe. Es stimmt dies Resultat, wie man sieht, vortrefflich mit der anatomischen Einrichtung, welche das von dem Darme kommende Blut erst durch den Läuterungsapparat der Leber gehen läßt, während die durch die Milchgefäße zugeführten Bestandtheile unmittelbar in den Strom der Cirkulation ergossen werden.

Achter Brief.

Die Ernährung.

Vor länger als zweihundert Jahren erschien in Venedig ein Buch, betitelt: de medicina statica aphorismi. Dem Titelblatte gegenüber sah man „in Holzschnitts-Gloria“ den Verfasser, den ehrwürdigen Sanctorius, wie er auf einer Wage saß, die zugleich sein Studirzimmer, Schlafkabinet und heimliches Gemach war. Monate und Jahre lang saß so der würdige Doktor auf seiner Wage und erzählte nachher der gelehrten Welt, wie viel an Nahrungsmitteln er eingenommen, wie viel an sichtbaren Auswurfsstoffen, Koth und Harn er davon wieder ausgegeben, und wie viel in luftförmiger Gestalt durch Athmung und Ausdünstung von ihm gegangen sei. Es war ein erster Versuch, wie man sieht, über die Oekonomie des Körpers doppelte Buchhaltung zu führen; — ein Versuch, der sich freilich nur auf die Bilanz der Kasse beschränkte, auf Einnahme und Ausgabe; die ganze verwickelte innere Geschäftsführung aber gänzlich außer Augen ließ. Merkwürdig aber ist es, daß schon in so früher Zeit, beim ersten Wiedererwachen der Wissenschaften in Italien, Versuche angestellt wurden, welche auf der Erkenntniß beruhten, daß die Materie überhaupt unzerstörbar sei, und daß in dem Körper weder Neubildung noch Zerstörung, sondern nur Umsatz und Umgestaltung des Stoffes stattfinde.

Von Zeit zu Zeit wurden Versuche ähnlicher Art wiederholt, je nachdem das Bedürfniß der fortschreitenden Wissenschaft sie nöthig machte. Man suchte mehr und mehr die Fehlerquellen zu vermeiden und den Versuch selbst auf sichere Grundlagen zu

stellen. Vergleichende Versuche mit Thieren, bei welchen man die äußeren Umstände mehr in der Gewalt hat, dienten zur Controllirung dieser Versuche, die freilich keine tiefere Einsicht in den Stoffwechsel selbst geben können, wohl aber eine allgemeine Uebersicht gestatten, die zur Benutzung anderer Kenntnisse nützliche Fingerzeige giebt.

Die neuesten Versuchsreihen, beiläufig bemerkt, alle von kleinen, hageren Menschen angestellt, die nicht einmal viel mehr als hundert Pfund wogen, ergaben etwa folgende Resultate. Bei der Athmung wird Sauerstoff aufgenommen; die Einnahmen bestehen demnach aus Speise und Trank und aus einer gewissen Menge Sauerstoff, der aus der Atmosphäre eingeführt wird. Die Menge dieses letzteren beträgt etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ der eingenommenen Nahrungsmittel. Die Ausgaben bestehen aus Koth und Harn, oder den merklichen Entleerungen, deren Gesammtsumme etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{5}$ der gesammten Ausgaben beträgt, und wovon der Koth $\frac{1}{20}$ höchstens nimmt, während die weit bedeutendere Menge für den Harn bleibt. Die unmerklichen Ausgaben bestehen aus der beim Athmen entfernten Kohlensäure, die $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{10}$ der Gesammtsumme beträgt, und aus dem durch Lungen und Haut verdünsteten Wasser, das ebenfalls etwa $\frac{1}{3}$ ausmacht. Theilt man demnach die sämmtlichen Ausgaben in 3 Theile, so fällt etwas über $\frac{1}{3}$ auf Koth und Harn, die übrigen nicht völligen $\frac{2}{3}$ auf Kohlensäure und Wasser; und der Koth beträgt verhältnißmäßig so wenig, daß ein Beobachter seinen Werth bei einer Compagnie Soldaten etwa dem Werthe des außerhalb der Menage genossenes Wurstbrodes, Bieres und Branntweins gleichstellen konnte. Dem deutschen Soldaten aber, diesem Kerne der Nation, bleibt wohl nur wenig zu solchen Ausgaben übrig; — dafür ist gesorgt. Für die gewöhnliche Einsicht hat diese geringe Menge der Excremente schon etwas Ueberraschendes; wir sind dermaßen gewöhnt, das Wasser der Einnahmen wie der Ausgaben unbemerkt zu lassen, daß gewiß jeder Laie auf die Frage: welche von beiden Ausleerungen, Koth oder Harn, ihm die bedeutendere scheine, unmittelbar die erstere als die bei

weitem größere angeben wird. Das Verhältniß bleibt aber auch bei den Thieren dasselbe wie bei dem Menschen. Ueberall ist die Kothausgabe verhältnißmäßig die unbedeutendste, und es ergiebt sich schon aus dieser einfachen Betrachtung, wie sehr Unrecht wir thun, wenn wir bei Ansammlung der zur Düngung dienenden Produkte des Thierreiches die wässerigen Ausleerungen vernachlässigen. Es ist leicht nachzuweisen, daß das Abführen der Cloaken in fließendes Wasser der menschlichen Gesellschaft mehr Stoff entzieht, als das Mißrathen einer Erndte.

Das gegenseitige Verhältniß der Ausgaben wechselt außerordentlich, je nach verschiedenen Nebenumständen. Alle Bedingungen, welche die Athmung beschleunigen oder hinterhalten, erhöhen oder erniedrigen in derselben Weise die Ausscheidung der Kohlensäure, deren Verhältniß zu den übrigen Ausgaben deßhalb im Schlafe am geringsten, nach der Mahlzeit oder bei anhaltender Bewegung am größten ist. Das Wasser in Schweiß und Harn steht in beständigem Wechselverhältniß zu einander, wodurch die unmerklichen Ausgaben so veränderlich werden, daß sie bis zum Fünffachen sich erhöhen können. Bei ruhigem Sitzen verlor ein Beobachter in der Stunde vor Tische, wo er hungerte, 30 Gramm, während er beim Bergeklettern und starkem Schwitzen 133 Gramm in derselben Zeit durch Athmung und Ausdünstung verlor. Nicht minder wirkt die Temperatur ein, und im Winter verliert man deßhalb bedeutend mehr durch die merklichen Ausleerungen, während im Sommer das umgekehrte Verhältniß Statt findet.

Während der größten Zeit seiner Existenz bleibt der Mensch etwa auf demselben mittleren Körpergewicht stehen, geringere Schwankungen abgerechnet, die sich meistens schon im Laufe mehrerer Tage ausgleichen. In der Jugend dagegen nimmt der Körper täglich zu, sein Gewicht steigert sich bis zum vollendeten Wachsthum, es muß demnach ein Mißverhältniß zwischen Einnahmen und Ausgaben zu Gunsten der ersteren Statt finden. Umgekehrt verhält es sich im Alter, wo die Ausgaben überwiegen,

der Körper allmählich von seinem Gewichte zurücksinkt und das Leben endlich unter diesen ungünstigen Bedingungen erlischt.

Dasselbe Ueberwiegen der Ausgaben gegen die Einnahmen führt das Erlöschen des Lebens beim Hungern oder bei unzweckmäßiger Nahrung herbei. Man hat Gelegenheit gehabt, bei Unglücksfällen, wie z. B. auf Schiffen oder bei Verschüttungen, wo das Athmen möglich blieb, die Erscheinungen zu beobachten, welche bis zum Hungertode auftreten. Sie beruhen einerseits auf gänzlicher Abmagerung, d. h. auf gänzlichem Verbrauche des Fettes und dann auch der übrigen Organe, andererseits auf Krankheitserscheinungen, die erst in Ueberreizung, dann in Apathie ihren Grund haben. Bei gänzlicher Entziehung von flüssigen wie festen Nahrungsmitteln treten zuerst Entzündungserscheinungen in Mund und Rachen auf, bedingt durch die Austrocknung der ausdünstenden Theile. Diese Erscheinungen steigern sich zu wirklichen Entzündungen im Magen und Darm, womit außerordentliche Aufregung des Nervensystemes verbunden ist. Während dieses Zeitraumes sind die Ausgaben verhältnißmäßig am geringsten, indem das ganze Spiel der Organe darauf berechnet ist, auf eigene Kosten hauszuhalten. Dann kommt die Periode der Erschlaffung. Die anfänglich oft bis zum Wahnsinn gesteigerte Hirnreizung geht in Stumpfsinn und Schlafsucht über; der anfangs harte, zusammengezogene und schnelle Puls wird langsam und schleichend; die Wärme nimmt ab; — und so erlischt endlich unter stetem Sinken aller Funktionen das Leben. Daß die Ausgaben im Allgemeinen bedeutend sinken, kann man schon daraus erschließen, daß im normalen Zustande dieselben bedeutend genug sind, um in 7 Tagen etwa so viel zu betragen, als das Gesammtgewicht des Körpers ausmacht, während doch Beispiele vorliegen, daß die gänzliche Entziehung aller Nahrung länger als 14 Tage ertragen wurde, während welcher Zeit bei normalen Ausgaben der ganze Körper 2mal hätte aufgebraucht werden können. Im Ganzen hat man bemerkt, daß ein Säugethier dem Hungertode erliegt, wenn es etwa $\frac{2}{5}$ seines Körpergewichtes verloren hat, daß aber junge Thiere bei weitem früher

erliegen, als erwachsene. Hunde von 4 Tagen starben schon nach 2 Tagen am Hungertode, während sechsjährige Hunde noch am 30. Tage lebten. Bei einer Vergleichung des Verlustes der verschiedenen Organe durch den Hungertod fand sich das merkwürdige Resultat: daß das Fett fast gänzlich bis auf sehr geringe Spuren aufgezehrt wird, das Centralnervensystem dagegen, obgleich wesentlich aus Fett bestehend, den allergeringsten Verlust erleidet, selbst weniger als Knochen und Knorpel, die doch dem ersten Anschein nach einen bedeutenderen Widerstand entgegensetzen mußten. Sehr leicht begreiflich ist es, daß diejenigen Organe, welche mit Blut besonders aufgeschwemmt sind, wie Leber, Milz, und auch das Blut selbst, durch Verdunstung und Verringerung der Blutmasse einen wesentlichen Verlust erleiden, während Nieren und Lungen, die ihrer Funktion gemäß beständig durchtränkt sind, weit geringere Verluste erdulden. Die Muskeln stehen etwa in der Mitte; sie verlieren bis zum völligen Hungertode nicht ganz die Hälfte ihres Gewichtes.

Es geht aus diesen Untersuchungen klar hervor, daß der Lebensprozeß des Organismus zugleich ein beständiger Zerstörungsprozeß ist, und daß das thierische Leben nur möglich ist durch die Zufuhr von Außen. Das ganze Leben beruht nur auf der Außenwelt — die vegetative Seite auf der Zufuhr von Außen, die animalische auf den Eindrücken von Außen — weder auf materiellem, noch auf geistigem Gebiete (wenn man beide unstatthafter Weise trennen will) schafft das organische Leben etwas Neues, sondern wandelt nur das Gebotene und Aufgenommene in neue Form. Die Maschine eines jeden thierischen Organismus ist so eingerichtet, daß sie sich selbst beständig zerstört, und eben so gut wie das Leben zu Grunde gehen muß, wenn die durch den Stoffwechsel geschaffenen Zerstörungsprodukte nicht aus dem Körper geschafft werden; eben so gut geht es auch zu Grunde, wenn ihm die Stoffe nicht geboten werden, die das Zersetzte wieder zu erneuern im Stande sind. Darum kann es auch nicht auffallen, wenn jede einseitige Nahrung, die nicht im Stande ist, sämmtlichen Ausgaben des Körpers zu

genügen, eben so sicher zum Tode führt, als die Entziehung der Nahrung selbst. Man hat den Versuch gemacht, Tauben so zu ernähren, daß ihnen zwar alle Stoffe geboten wurden, welche zur Erhaltung der organischen Bestandtheile ihres Körpers nöthig waren, daß aber alle anorganischen Substanzen, Salze, Kalk u. s. w. gänzlich aus dieser Nahrung entfernt waren. Die Tauben starben, freilich nach verhältnißmäßig längerer Zeit, mit allen Erscheinungen des Hungertodes, und nach dem Tode fand man ihr Skelett knorpelig erweicht, stellenweise durchlöchert, seiner festen Bestandtheile theilweise beraubt. Hunde, die man mit reinem Faserstoffe oder reinem Eiweiß nährte, starben am Hungertode, der freilich deßwegen länger hinausgeschoben wurde, weil das im Organismus befindliche aufgehäufte Fett, das nach und nach in den Verbrauch gezogen wurde, die mangelnde Zufuhr von Fettbildnern eine Zeit lang ersetzte. Hunde endlich, die mit reinem Fett, mit Stärke, Zucker, Gummi, oder andern Fettbildnern ernährt wurden, starben ganz in derselben Zeit, wie wenn man ihnen alle Nahrung entzogen hätte. Ein Beispiel dieser Art ist auch von dem Menschen bekannt. Der englische Arzt Stark machte Versuche über die Nährkraft des Zuckers an sich selbst, und es gelang ihm, sich durch reine Zuckernahrung so weit dem Tode entgegen zu führen, daß, als sein Zustand bekannt wurde, keine Rettung mehr möglich war.

Aus diesen Beobachtungen schon geht hervor, daß der Körper verschiedenartige Stoffe erhalten muß, deren Gesammtmenge gewissermaßen die Gesammtzusammensetzung des Körpers wiederholen muß, in der Weise, daß bei gleich bleibendem Körpergewichte die Ausgaben durch die Einnahmen gedeckt werden. Könnten wir diesen Ersatz so einrichten, daß gerade diejenigen Gewebe, die wir verbrauchen, uns in derselben Menge geboten würden, und zwar in aneignungsfähigem Zustande — keine Frage, daß das Leben des Individuums unendlich dauern müßte. Der Grund des nothwendigen Todes liegt in der steten Selbstzerstörung des Organismus, dessen Verluste wir nicht unmittelbar und in geeigneter Weise ersetzen können, in keinem inneren

Verhältnisse. Es kann demnach auch keine Frage sein, daß bei annähernd richtigem Ersatze des Verlustes die Lebensdauer des Individuums nicht nur, sondern auch die mittlere Lebensdauer der menschlichen Gesellschaft überhaupt verlängert werden könne — daß also Verbesserung des materiellen Zustandes, der Volksernährung, auch das Leben des Volkes im Ganzen kräftigen und verlängern müsse. Um aber zu einer Lösung der so gestellten Frage zu gelangen, von welcher in letzter Instanz Wohl und Wehe der ganzen menschlichen Gesellschaft abhängt, muß man dieselbe in ihre Elemente zerlegen. Man mußte sich die Frage stellen, welches denn die Stoffe seien, die aus dem Körper als letzte Produkte des Stoffwechsels ausgeführt werden, in welcher Quantität diese Stoffe den Körper verlassen und welche Menge davon es zum Ersatze dieses Verlustes bedürfe. Man mußte sich nun sagen, daß allerdings das Endresultat aller chemischen Operationen im Körper darin bestehe, daß neben einer gewissen Quantität von Kohlensäure und Wasser als letzter Verbrennungsprodukte eine stickstoffreiche Substanz, der Harnstoff, abgeschieden werde, und daß somit die sämmtlichen Ernährungserscheinungen zuletzt darin ihr Ende finden, daß eine gewisse Quantität des eingeführten Kohlenstoffes und Wasserstoffes verbrannt, eine geringere verhältnißmäßige Menge aber mit der ganzen Menge des Stickstoffes in Form von Harnstoff ausgeschieden werde. Die Menge der abgesonderten Kohlensäure, Wasser und Harnstoff war also in letzter Potenz das Maß des Stoffwechsels und das Maß der Nothwendigkeit für die Einführung einer entsprechenden Menge von Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff. Da nun der Harnstoff stets genau dieselbe Zusammensetzung hat und offenbar ein Produkt des Umsatzes der blutbildenden Stoffe ist, so glaubte man weiter schließen zu dürfen, daß der Stickstoffgehalt der Ausscheidungen überhaupt den Maßstab für die Stoffumsetzung der blutbildenden Bestandtheile des Körpers gebe, und daß demnach der Werth der Einfuhr für die Ernährung der größeren Masse des Körpers,

die ja aus eiweißartigen Körpern zusammengesetzt ist, nach dem Gehalte an Stickstoff berechnet werden könne.

Man hat dieser Betrachtungsweise mit Recht vorgeworfen, daß sie auf ganz falschen Grundlagen basirt sei, und daß man namentlich daraus keinen Rückschluß auf die im Körper stattfindenden Vorgänge machen könne. Man kann keine Vorstellungen haben von den Arbeiten, die in einem chemischen Laboratorium vorgenommen werden, sagte man, wenn man auch weiß, wie viel Pfunde Wasser, Schwefelsäure, Kohle, Pottasche, Kalk, durch die Thüre eingetragen, und wie viel Pfunde Kohlensäure und Wasser durch den Schornstein, wie viel an Wasser und anderen Stoffen durch das Kehrichtfaß entleert werden. Dies ist vollkommen richtig, aber nichts desto weniger haben Betrachtungen dieser Art dennoch einen gewissen Werth, wenn sie sich auf ein Laboratorium beziehen, das nur bestimmte Produkte liefert und nur bestimmte Produkte verarbeitet. Der Chemiker, der einer Schwefelsäurefabrik vorsteht, giebt sich vollkommene Rechenschaft über den Gang derselben, wenn er weiß, wie viel Schwefel, Salpeter und Brennmaterial verbraucht und wie viel Schwefelsäure erzeugt wurde. Wir haben aber aus der Betrachtung der Nahrungsmittel gesehen, daß der Körper im Ganzen nur mit wenigen Stoffen arbeitet, die ihm in den Nahrungsmitteln geboten werden, und daß er ebenso nur wenig, in ihrer Zusammensetzung stets gleich bleibende, Substanzen ausscheidet. Wenn zwei als Nahrung angebotene Substanzen denselben Blutbildner enthalten, so wird ihr Stickstoffgehalt proportional sein der Menge dieses Blutbildners, und demnach auch im Verhältniß stehen zu dem Werthe, welchen sie für die Ernährung der eiweißartigen Stoffe des Körpers haben.

Es ist indeß vollkommen richtig, daß dem Nahrungsbedürfnisse nur selten Stoffe dieser Art angeboten werden, sondern verschiedenartig zusammengesetzte Substanzen, noch obenein in sehr verschiedenen Graden der Löslichkeit, die ein wesentliches Moment für den Werth eines Nahrungsmittels überhaupt giebt. Frisches Buchenholz enthält fast genau die nämliche Menge von

Eiweißstoffen und blutbildenden Bestandtheilen, als Reis, und es wird dennoch keinem vernünftigen Menschen einfallen wollen, Reisbrei durch geraspeltes Buchenholz zu ersetzen. In dem einen sind die Bestandtheile leicht löslich, in dem andern durch Umhüllung mittelst Holzfaser gänzlich unlöslich. Deßhalb bestanden wir auch bei der Untersuchung über die Nahrungsmittel zu wiederholten Malen auf der Nothwendigkeit der Zuführung gemischter Nahrungsmittel, bestimmter Gruppen, welche in dem Körper durch verschiedene Metamorphosen ihrem endlichen Ziele entgegen geführt werden. Alle diese einzelnen Veränderungen umfaßt der Ernährungsprozeß im Ganzen. Er resumirt gewissermaßen die ganze vegetative Seite des thierischen Lebens, und wenn wir ein Bild desselben aufzurollen versuchen, so setzt sich dieses aus den einzelnen Thatsachen zusammen, deren wir oben erwähnten.

Eine der ersten Fragen, die sich aufwirft, ist die: Giebt es Substanzen, welche, wenn gleich in die Cirkulation aufgenommen, dennoch nicht zum Ersatz verbrauchter Körperbestandtheile verwendet, sondern durch unmittelbare Verbrennung aus dem Körper wieder ausgeschieden werden? Man könnte sich den Körper des Erwachsenen als eine gegebene Masse von bestimmter Zusammensetzung und Gewicht vorstellen, welche den zerstörenden Einflüssen der Außenwelt, und besonders der Oxydation durch den Sauerstoff der eingeathmeten Luft, entzogen werden soll. Wäre diese Körpersubstanz etwas unwandelbar Gegebenes, Unveränderliches, so könnte der Zweck nur dadurch erreicht werden, daß man überall die Gewebe vor dem Einflusse des einwirkenden Sauerstoffes schützte, indem man diesen vorher durch Zuführung fremder Stoffe bände. Alle eingeführten Nahrungsmittel wären, von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, Athemmittel oder, besser gesagt, Ausgabenmittel, d. h. Substanzen, bestimmt die Ausgaben des Körpers zu decken, ohne daß der Capitalstock der vorhandenen Körpersubstanz angegriffen würde.

Man sieht auf den ersten Blick, daß eine solche Ansicht der Natur nicht entsprechen würde; daß vielmehr die eingenom-

menen Substanzen, wenigstens ihrem größten Theile nach, zum Wiederaufbau der zerstörten Körpersubstanz benutzt werden müssen; daß demnach die tägliche Einfuhr nicht der gleichzeitigen Ausgabe entspricht, sondern, um mich des Bildes weiter zu bedienen, eine Zeit lang in Cassa bleibt, bis eine spätere Ausgabe aus ihr hervorgeht. Nichts desto weniger ist es dennoch wahrscheinlich, daß ein kleiner Bruchtheil der eingenommenen Substanzen unmittelbar, ohne zum Wiederaufbau der Gewebe benutzt zu werden, durch Verbrennung wieder ausgestoßen wird. Wir erwähnten oben der exceptionellen Stellung der Leber, aus der uns der Schluß hervorging, daß ein Theil der Galle in der Leber selbst gebildet werde. Wir erwähnten besonders noch der Zuckerbildung, deren Sitz die Leber ist, und wir zeigten, daß dieser Zucker, den die Lebervenen in den allgemeinen Blutstrom überführen, in der Lunge wieder verschwindet. Diese Thatsachen bieten offenbar einen sicheren Haltpunkt und weisen auf das Ueberzeugendste nach, daß ein gewisser Bruchtheil der eingenommenen Substanzen, ohne eine Zwischenformung in den Geweben durchzumachen, eine rein chemische Metamorphose in dem Kreislaufe erleidet und nach dieser Metamorphose ausgeschieden wird. Wahrscheinlich ist es, daß bei Pflanzenkost und gemischter Nahrung diese chemische Umwandlung nur die mit dem Zucker zunächst verwandten Stoffe, die stärkemehlartigen Substanzen, betrifft. Da aber auch bei reiner Fleischnahrung die Zuckerbildung in der Leber stattfindet, so ist es klar, daß auch eiweißhaltige Substanzen in solcher Weise als Schutzmittel gegen den Eingriff des Sauerstoffes verwendet werden können. Leider besitzen wir noch kein Maß, um die Menge des auf diese Weise unmittelbar bereiteten Zuckers, also den Bruchtheil der als Schutzmittel verwendeten Nahrung, bestimmen zu können. Und wenn man auch behaupten könnte, daß die Menge der abgesonderten Galle ein solches Maß zu liefern im Stande sei, so müßte doch eine solche Behauptung genauer erhärtet werden. Es ist wahrscheinlich, daß im gesunden Zustande dieses Maß ein bestimmtes ist, welches im Verhältniß zu der Körpermasse steht und nur geringen

Schwankungen unterworfen ist. Jedenfalls bildet es aber nur einen kleinen Theil des wirklichen Umsatzes der eingenommenen Nahrungsmittel, während der größte Theil derselben zum Wiederaufbau der abgenutzten Körpersubstanz verwendet, und, wenn Ueberschuß vorhanden ist, als Reservefonds besonders in der Gestalt von Fett niedergelegt wird.

Schon oben machten wir darauf aufmerksam, daß in allen Flüssigkeiten des Körpers, in allen festen Bestandtheilen desselben auch dann noch Fett enthalten ist, wenn dasselbe nicht in besonderer Form nachweisbar ist. Dieses chemisch gebundene Fett, welches einen integrirenden Bestandtheil speziell morphologisch ausgebildeter Gewebe macht, bildet natürlich eine constante Größe, die im Verhältniß zu der Masse dieser Gewebe steht, und die, wie wir aus den Resultaten der Versuche über das Verhungern sahen, mit äußerster Hartnäckigkeit der Verzehrung widersteht. Anders verhält es sich mit demjenigen Fette, welches in eigener Form, in Gestalt von Bläschen, die mit Zellhüllen umgeben sind, in den Zwischenräumen der Gewebe und namentlich unter der Haut, in dem Gekröse und den Netzen, sowie zwischen den Muskeln abgelagert ist. Die Menge dieses Fettes bildet eine äußerst variable Größe. Sie steigt mit dem übermäßigen Gebrauche fettbildender Nahrungsmittel und sinkt wieder bei mangelnder Einnahme. Die Abmagerung, mag sie nun durch Hunger oder durch andere Ursachen bewirkt werden, betrifft immer zuerst diesen Reservefonds, welcher bis auf die Neige verzehrt wird, während die anderen Gewebe in weit geringerem Grade angegriffen werden. Nichts desto weniger bleibt auch hier stets ein kleiner Rest und zwar an solchen Stellen, wo dieses frei angehäufte Fett eine nothwendige Bedingung der Funktion ist, wie z. B. in der Augenhöhle, wo die Bewegungen des Augapfels ohne das vorhandene Fettpolster nicht Statt finden könnten. Der größte Theil des Fettes aber wird ohne Zweifel unmittelbar verbrannt und in Form von Kohlensäure und Wasser nach Außen geführt.

Betrachtet man die Ausgaben eines hungernden Thieres, so sieht man leicht, daß dieselben nicht einzig durch Verzehrung des aufgespeicherten Fettes gedeckt werden können. Die Ausscheidung einer bestimmten Quantität Harnstoff, der nothwendig das Resultat der Zersetzung stickstoffhaltiger Substanzen sein muß, dauert auch bei dem Hungern beständig fort. Es muß somit beständig eine gewisse Menge stickstoffhaltiger Substanzen des Körpers zersetzt werden. Das Maß dieser Zersetzung bleibt sich in den ersten Tagen des Hungers ziemlich gleich, und hierauf gestützt hat man eine Unterscheidung zwischen derjenigen Menge von Nahrungsstoffen, welche zur Deckung des Verlustes beim Hungern nöthig ist, und derjenigen, die darüber hinaus aufgenommen wird, versucht. Man hat diese letztere Menge von Nahrungsmitteln, die über den zur Deckung des Verlustes beim Hungern nothwendigen Verbrauch hinausgehen, den Luxusverbrauch genannt. Es giebt aber kein Thier, bei welchem nicht ein Luxusverbrauch in diesem Sinne stattfände. Und es wäre doch wahrlich der Begriff des Luxus zu weit ausgedehnt, wenn man behaupten wollte, daß der Proletarier bei der unzureichenden und unzweckmäßig gemischten Nahrung, die er sich mit größter Mühe verschafft, auch noch obendrein dem Luxus huldige. Denn besser würde es sein, nur denjenigen Verbrauch als Luxusverbrauch zu bezeichnen, der entweder zum Auffspeichern des Reservefonds von Fett in dem Körper dient, oder aber in den Verdauungsorganen nicht bewältigt und unverarbeitet abgeschieden wird. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die reicheren Schichten der menschlichen Gesellschaft nicht nur mehr consumiren, als sie zum Ersatz ihres Stoffwechsels nöthig hätten, mehr, als sie in Form von Fett auffspeichern können, sondern daß sie auch überhaupt mehr einnehmen, als die Verdauungsorgane zu bewältigen im Stande sind. Da nun dieses Mehr auch die stickstoffhaltigen Bestandtheile ihrer Nahrung beschlägt, so ist der Koth solcher Luxusconsumenten gewiß weit reicher an Stickstoff, als derjenige der ärmeren Klassen, die mit größtem Aufwande an Verdauungskraft aus Kartoffeln, Rüben und ähnlichem Zeuge

die wenigen blutbildenden Substanzen ausziehen müssen, die darin enthalten sind. Wenn auch vergleichende chemische Untersuchungen in dieser Hinsicht fehlen, so hat doch die Praxis in denjenigen Ländern, in welchen der Menschenkoth fast alleiniges Düngungsmittel ist, das Richtige zu finden gewußt. So pflegen in Nizza die Ackerbauer den Inhalt der Abtrittsgruben zu kaufen, deren Werth man nach der Zahl der Hausbewohner berechnet. Der Inhalt der Kasernenabtritte wird aber durchschnittlich nur halb so theuer bezahlt, als derjenige der Häuser, die von den reichen Fremden bewohnt sind. Für einen Soldaten, dessen Koth fast nur stickstofflose Substanzen enthält, zahlt der Bauer eine jährliche Rente von 4 bis 5 Franken an den Grubenbesitzer, für einen fremden Luxusconsumenten hingegen, der eine Menge Stickstoff unbenutzt durch seinen Körper hindurchjagt, findet man 8 bis 10 Franken nicht zu viel.

Will man die in dem Körper vor sich gehenden Metamorphosen verfolgen, so müssen zwei verschiedene Untersuchungsmethoden mit einander Hand in Hand gehen. Einerseits die chemische, welche die Umsetzung der Stoffe an sich verfolgt und nachzuweisen versucht, durch welche Zwischenstufen z. B. das Eiweiß durchgehen müsse, das sich vielleicht bei dem Verbrauch innerhalb des Körpers zuerst in Harnstoff und Gallenbestandtheile spaltet, und dann durch Verbrennung der letzteren auch zu dem Athemprozesse sein Contingent liefert. Durch Berechnung aus der Gallenmenge, die in 24 Stunden ergossen wird, hat man gefunden, daß etwa 5 Prozent der Ausgaben von Stoffen herrühren, welche in der angegebenen Weise eine Zwischenmetamorphose in der Leber erfahren, und daß dieser Zwischenkreislauf durch die Leber hauptsächlich die kohlenstoffhaltigen Substanzen, sowie den Schwefel der eiweißstoffigen betrifft, während die übrigen 95 Prozent durch direkten Stoffwechsel innerhalb des Bereiches des großen Kreislaufes ihrem Endziele entgegen geführt werden. Die Feststellung der Zwischenstufen aber, welche die chemischen Körper durchlaufen, ist eine wesentliche Aufgabe der heutigen physiologischen Chemie, und deßhalb

besonders erschwert, weil dieselbe in mikroskopischen Formelementen vor sich geht, und Stoffe erzeugt, deren Reaktionen zu unsicher sind, um in solchen kleinen Mengen gehörig erkannt werden zu können. Es würde uns zu weit führen, wollten wir auf diejenigen chemischen Metamorphosen näher eingehen, die bis jetzt untersucht und gekannt sind, zumal da noch viele Lücken in dieser Kenntniß aus dem angegebenen Grunde sich finden.

Viele Schwierigkeiten stellen sich auch der Erkenntniß der Umbildung in den Formelementen des Körpers entgegen. Die Deutung der einzelnen Gestaltänderungen, welche man an diesen Formelementen bemerkt, ist meist zweifelhaft, da man oft nicht weiß, ob sie der Neubildung oder dem Zerfallen angehören. Die Veränderungen selbst sind oft so gering, daß man nicht sicher ist, ob sie durch den Lebensprozeß selbst, oder durch die Behandlung des Gegenstandes erzeugt sind.

Man glaubte in den festen Organen des Körpers, in den Knochen und Zähnen, ein Mittel gefunden zu haben, der Ernährung Schritt für Schritt nachzugehen. Man hatte beobachtet, daß nach Fütterung mit Krapp und Färberröthe die Knochen, besonders junger Thiere, sich mehr oder minder intensiv roth färbten. Fütterte man nun abwechselnd mit der Nahrung während einiger Zeit Krapp und ließ nachher denselben weg, so fand man auf Durchschnitten der Knochen abwechselnd rothe und weiße Ringe, die den einzelnen Fütterungsperioden entsprachen. Diese Schichten sollten allmählich von Außen, von der Beinhaut aus, nach Innen gegen die Markhöhle rücken und dort verschwinden. Diese Wanderung sollte nach der Meinung einiger Forscher den besten Beweis dafür ablegen, daß die Knochenelemente in einem beständigen Umsatze sich befänden, durch welchen von der Beinhaut aus stets neue Schichten abgesetzt würden, während von der Markhöhle aus eine beständige Auffaugung einwirke. Bei der Umlegung von Platindrähten oder Plättchen, die man zwischen die Beinhaut und den Knochen schob, fand man ein ähnliches Resultat. Diese Körper wanderten allmählich von der Außenseite des Knochens nach Innen und gelangten

zuletzt in die Markhöhle, ohne daß man eine Verdickung des Knochens bemerkt hätte. Wären die Verhältnisse so einfach, wie die ersten Versuche sie darzustellen schienen, so hätte man allerdings hier ein genaues Zeitmaß für den Stoffwechsel in den Festgebilden sich verschaffen können. Man mußte sich aber bald überzeugen, daß die rothe Färbung der Knochen daher rühre, daß der in dem Blute kreisende Farbestoff mit dem phosphorsauren Kalke der Knochen eine schwer lösliche Verbindung eingehe, die allmählich bei dem Aufhören der Krappfütterung von dem Blute wieder ausgewaschen wurde, ohne daß das Knochengewebe selbst bei diesem Prozesse eine sichtbare Aenderung erleide. Diese Auswaschung mußte natürlich am stärksten da stattfinden, wo das meiste Blut circulirte, ebenso wie auch der Absatz in den blutreichen Stellen der Knochen am stärksten sein mußte, und da dieses in der Nähe der Beinhaut der Fall ist, so wurde die Schichtenbildung ganz einfach durch den abwechselnden Absatz und die Wegschwemmung des Farbestoffes bedingt. Das Knochengewebe selbst aber erschien in seinen Formelementen nur äußerst wenig wandelbar, und aus den oben erwähnten Fütterungsversuchen mit Substanzen, die keine Aschenbestandtheile enthalten, geht deutlich hervor, daß der Umsatz in ihm nur sehr gering ist und verhältnißmäßig langer Zeiträume bedarf.

So ward man denn wieder auf die weichen Theile hingewiesen, an denen freilich einen bestimmten Maßstab herzustellen nicht leicht war. Von vorneherein muß man sich sagen, daß in dem Blute, welches allen Umsatz vermittelt, auch in der That der stärkste Umsatz stattfinden müsse, und es war wahrscheinlich, daß die Blutkörperchen keine unveränderlichen Größen, sondern einem beständigen Prozesse der Umbildung unterworfen seien. Man sah in der Lymphe mit dem Aufsteigen durch den Milchbrustgang und dem Annähern an die Blutbahn selbst die Körperchen stets mehr sich röthen und den Blutkörperchen ähnlich werden. Man glaubte in den Blutkörperchen selbst manche Vorgänge zu sehen, die man auf ein allmähliches Zerfallen derselben zu deuten suchte. Man glaubte endlich in der Leber und

in der Milz die Organe gefunden zu haben, in welchen die Einen, wie sie sich auszudrücken beliebten, die Blutkörperchen massenhaft zu Grunde gehen ließen, während Andere wieder dieselben Erscheinungen, die man als den Todesprozeß der Blutkörperchen auffaßte, in umgekehrter Reihenfolge als die verschiedenen Momente ihrer Entstehung deuteten. Bei der Kleinheit der menschlichen Blutkörperchen und ihrer großen Empfindlichkeit gegen Reagentien konnte man über solche Punkte lange streiten, ohne ins Reine zu kommen. Aber ein Resultat mußte doch gefunden werden, denn man hatte sich auf das Deutlichste durch Zählungen überzeugt, daß in der That der Regenerationsprozeß der Blutkörperchen mit der Nahrungsaufnahme gleichen Schritt halte. Drei bis vier Stunden nach dem Mittagsmahle fand man die höchste Verhältnißzahl, sechs bis sieben farblose Lymphkörperchen auf je 2000 Blutkörperchen. Nach geschehener Verdauung nahm die Zahl ab, und endlich etwa 12 Stunden nach dem Essen fand man nur fünf farblose Lymphkörperchen im Verhältniß zu derselben Zahl von Blutkörperchen.

Neuere Untersuchungen an Fröschen, bei denen die Elemente des Blutes ihrer bedeutenderen Größe wegen ein leichteres Objekt bieten, haben zur Lösung dieser Frage wesentlich beigetragen. Wir erwähnten schon oben, daß man bei Fröschen trotz der Wegnahme von Leber und Milz das Leben Wochen lang erhalten könne, und daß nach dieser Operation der Kohlensäureertrag der Athmung um ein Bedeutendes sinke, die Rückbildung und Verbrennung der Gewebe also durch die Existenz der Leber und Milz begünstigt werde. Man fand nun, daß bei solchen entleberten Fröschen der Verlust der Leber eine außerordentliche Vermehrung der farblosen und mithin eine beträchtliche Verminderung der farbigen Blutkörperchen nach sich ziehe. Frösche, die zugleich der Milz und der Leber beraubt sind, besitzen ungleich mehr farblose Blutkörperchen im Verhältniß zu den farbigen, als unversehrte. Das Verhältniß stellt sich bei den entleberten und entmilzten Fröschen wie 1 : 4, bei den gesunden wie 1 : 8, und bei Fröschen, denen man nur die Leber weg-

genommen hat, wie 2 : 5. Es geht hieraus auf das Deutlichste hervor, daß in der Leber ein bedeutender Umwandlungsprozeß der Blutkörperchen stattfindet, indem dort die farblosen Körperchen in farbige übergehen. Auch diesen Prozeß hat derselbe genaue Beobachter hinsichtlich der Formenentwickelung genauer verfolgt. Die farblosen Blutkörperchen des Frosches sind rund, schwach körnig, mit einem schärfer gekörnten runden Kerne versehen. Nach mancherlei oft bizarren Gestaltsveränderungen werden sie mehr länglich, der Kern zerfällt, bildet einzelne tropfenähnliche Körner, die nach und nach verschwinden, während die Zelle selbst sich allmählich roth färbt. Bemerkenswerth ist es, daß dieser Prozeß der Formbildung ganz in ähnlicher Weise sich bei der Froschlarve wiederholt, und die Ausbildung der Blutkörperchen aus ursprünglichen Embryonalzellen ganz dieselben Stufen durchläuft.

Es würde zu weit führen, wollten wir hier auf diejenigen Erscheinungen näher eingehen, welche, in den übrigen Formelementen des Körpers auftretend, auf einen steten Wechsel derselben schließen lassen. Wir müssen offen gestehen, daß die Beobachtung in dieser Hinsicht bis jetzt nur sehr wenige Resultate geliefert hat, und daß wir so auch trotz des Mikroskopes hier noch vor einem ganzen Cyklus von Metamorphosen stehen, von welchen uns vor der Hand nur die Endresultate bekannt sind. Wenn ein Chemiker gesagt hat, daß wir die Erscheinungen des Zerfallens der organischen Substanzen mit weit leichterer Mühe verfolgen können, als diejenigen des Aufbaues, so müssen wir von unseren anatomischen Hülfsmitteln bekennen, daß wir zwar die gegebene Form durch sie leicht erkennen können, daß uns aber große Schwierigkeiten entgegen stehen, wenn wir den Aufbau, noch größere, wenn wir den Zerfall der Organe uns klar machen wollen.

Neunter Brief.

Die thierische Wärme.

Linné hat in seiner Eintheilung der höheren Thiere hauptsächlich auf einen Charakter Rücksicht genommen, der jedem Kinde bekannt ist, nämlich auf die Wärme des Blutes, und danach zwei Hauptgruppen: warmblütige und kaltblütige Thiere, aufgestellt. Der unangenehme Eindruck, den wir empfinden, wenn wir die Haut eines Frosches oder Fisches berühren, der Widerwillen, den viele Personen gegen die Annäherung eines solchen Thieres zeigen, ist tief begründet in der Aehnlichkeit ihrer Temperatur mit der eines Leichnames. In den todten Körpern der Menschen, der Säugethiere, ist ebenfalls die Wärme geschwunden, welche das Resultat des Lebens war, und in dem lebenden Reptil, Lurch oder Fisch findet zwar während des Lebens eine Wärmeentwickelung Statt, die aber so schwach ist, daß sie unsere Hand nicht mehr fühlt. Es deutet dies auf einen bedeutenden Unterschied in dem Lebensprozesse der Wirbelthiere hin; denn die Produktion der Wärme ist nichts Zufälliges, sie ist auf das Innigste mit dem Leben verbunden und bei den höheren Thieren eines der wesentlichsten Resultate des Lebensprozesses. Gerade darum aber, weil diese Wärme eben nur als eines der letzten Resultate auftritt und mit allen einzelnen Phänomenen dieses Prozesses in Verbindung zu stehen scheint, eben deßhalb ist auch ihre Erzeugung einer der dunkelsten Punkte in der Physiologie. Man kann kaum einen Eingriff in die

geringste Funktion des Körpers wagen, kaum eine Aenderung dieses oder jenes scheinbar vereinzelten Phänomens beobachten, ohne zugleich eine Veränderung des Wärmegrades eines einzelnen Theiles oder des Gesammtkörpers wahrzunehmen. Man hat nun, wie es scheinen will, viel zu häufig den Fehler begangen, je nachdem man diese oder jene Quelle der Wärme entdeckte, dieser auch allein die Produktion derselben zuzuschreiben, und nur zu oft den Erfahrungssatz außer Augen gelassen, nach welchem gleiche Ursachen auch gleiche Wirkungen bedingen, nie aber gleiche Wirkungen auch auf gleiche Ursachen schließen lassen. Das Holz geräth ins Brennen, ob man es nun nach der früheren Weise civilisirter Nationen mit einem in Schwefel getauchten Zündhölzchen, oder nach Art der Wilden durch heftiges Reiben in Flammen setze; der chemische Prozeß, wie der mechanische Effekt, so verschieden sie auch in sich sein mögen, haben durchaus dieselbe Wirkung —; wäre es nicht thöricht, behaupten zu wollen, daß man nur mittelst Zündhölzchen anbrennen könne? — Man kann nicht läugnen, daß die Physiologen oft in diesen Fehler gefallen sind; der Eine, der durch Muskelbewegung Wärme erzeugt werden sah, wollte dem Andern nicht glauben, der den chemischen Umwandlungen im Körper ebenfalls exclusiv die Wärmeerzeugung zuschrieb. Ein vernünftiger Vergleich beider streitenden Partheien, wo jede ein Weniges nachgelassen hätte, würde vielleicht den Streit zu Ende gebracht haben.

Man mißt die Temperatur des thierischen Körpers überhaupt meist an Orten, wo die Thermometerkugel in Oeffnungen eingeführt werden kann. So meistens im Munde unter der Zunge, im After, in der Achselhöhle u. s. w. Die mittlere Temperatur eines Erwachsenen an diesen Stellen beträgt etwa 37,2 Grade des hunderttheiligen Thermometers, oder 29,8 des Réaumur'schen, während an freien Hautstellen diese Temperatur um einige Grade sinkt, und im Durchschnitte nur 34,1 Celsius oder 27,3 Réaumur beträgt.

Messungen der verschiedenen Körpertheile ergeben ein Resultat, welches mit den Schlüssen, die man a priori machen könnte,

vollkommen im Einklang steht. Es ist begreiflich, daß Theile des Körpers, welche eine größere Oberfläche darbieten, aus denen mithin mehr Wärme ausstrahlen kann, sich schneller abkühlen, als andere, die nur eine sehr geringe Oberfläche besitzen. Im Allgemeinen sind noch die einzelnen Theile in der Beziehung vortheilhaft gebaut, daß sie mehr oder minder regelmäßige Cylinder darstellen, wie der Rumpf, die Arme und Beine, oder selbst Formen, welche derjenigen der Kugel nahe kommen, mithin bei größtem Rauminhalte die kleinste Oberfläche darbieten. Nichts desto weniger ist der Wärmeverlust, den die Enden der Extremitäten, die Finger, Zehen, Hände und Füße erleiden, so bedeutend, daß an der Fußsohle z. B. die Temperatur nur 32°,3 C. beträgt. Einen Schutz gegen solchen Verlust verschafft uns die Bedeckung mittelst schlecht leitender Körper, wie Wolle, Federn, Haare u. s. w. Alle diese Stoffe zeichnen sich durch die Eigenschaft aus, daß die Wärme sie nur sehr schwer durchdringt, aber auch eben so schwer von ihnen mitgetheilt wird. Ein Stück Metall, das an dem einen Ende glühend ist, kann nicht ohne Schaden an dem anderen Ende angefaßt werden; ein Holzbrand dagegen, der unten brennt, zeigt wenige Zolle davon kaum eine merkliche Erhöhung seiner Wärme.

Ein Metall aber kühlt sich schnell ab, giebt die Wärme, die es erhalten, eben so schnell ab, als es sie in seinem Innern weiter leitete, während ein schlechter Leiter sie eben so lange erhält, als er sie langsam in sich aufnimmt. In unseren Climaten, wo die mittlere Jahrestemperatur etwa um 20 Grade tiefer steht, als diejenige des Körpers, bedarf es mithin eines Schutzes, und diesen suchen wir ihm durch Kleider, Pelzwerk, Federdecken zu gewähren. Bei den Thieren, welche die nordischen und gemäßigten Klimate bewohnen, hat die Natur in ähnlicher Weise gesorgt. Die Fischsäugethiere ausgenommen, über deren Organisation und Lebensverhältnisse wir überhaupt nur sehr wenige Kenntnisse besitzen, sind alle Thiere der kälteren Zonen mit dichtem Pelz oder Federüberzügen versehen, deren Dichtigkeit bekanntlich im Winter um ein Bedeutendes zunimmt. Man

würde vergeblich außerhalb der warmen Zonen Thiere mit nackter, kahler Haut suchen, welche in der Nähe des Aequators so häufig vorkommen. Ich will damit keineswegs behaupten, daß die Natur den Thieren einzig nur deßhalb Federn und Haare auf dem Leibe wachsen lasse, um sie fein warm zu halten; es giebt an dem Aequator Thiere, die ein eben so schönes Pelzwerk besitzen als andere an den Polen, und neben Affen mit langen dichten Wollhaaren klettern andere in den Urwäldern Amerika's umher, die fast nackt sind.

Man hat bekanntlich viel von dem kälteren Blute der Nordländer, dem heißeren der Südländer gesprochen, und die Poeten namentlich haben dies Kapitel auf das Reichlichste ausgebeutet. Die Eifersucht, Rachsucht, kurz alle Triebe und Leidenschaften, welche bei einzelnen Völkern mehr oder minder ausgeprägt scheinen, werden auf Rechnung der Wärme des Blutes geschoben. Mit diesen physiologischen Eroberungen nicht zufrieden, ging ein Dichter aus der Zeit des Becker'schen Rheinliedes sogar so weit, auch die Farbe des Blutes bei den verschiedenen Raçen verschieden zu finden, und den Germanen blaues, den Franken rothes Blut zu vindiciren. Ich weiß nicht, ob sich diese Behauptung auf genauere Beobachtungen stützt; — was die Temperatur des Blutes betrifft, so kann man ziemlich dreist behaupten, daß solche Verschiedenheiten nicht existiren, und daß die kleinen Abweichungen, welche man bei den Völkern der entlegensten Zonen getroffen hat, nicht größer sind als die Verschiedenheiten, welche man bei einzelnen Individuen findet. Der Malaye, dessen wüthende Leidenschaften zum Sprüchwort geworden sind, zeigt keine größere Wärme des Blutes, als der geduldige Hottentotte, und wenn auch die Untersuchungen der Naturforscher über diesen Punkt noch nicht alle wünschenswerthe Ausdehnung erhalten haben, so darf man doch schon jetzt den Dichtern und Nationalökonomen den Rath geben, andere Gründe für die Charakterverschiedenheit der Raçen und Völker zu suchen.

Aus vielfachen vergleichenden Untersuchungen geht hervor, daß Männer und Weiber fast genau die gleiche Temperatur haben, indem bei den Frauen der geringere Stoffwechsel durch geringere Wärmeausstrahlung compensirt wird. Das Alter hat keine unbedeutenden Einflüsse auf die Wärme des Körpers. Unmittelbar bei der Geburt ist dieselbe am höchsten, sinkt aber schnell in den ersten Stunden, um sich, sobald einmal Athmung und Kreislauf vollständig hergestellt sind, etwa auf derselben Höhe bis zum Eintritt der Reife zu erhalten. Von dem zwanzigsten Jahre an sinkt die Wärme zwar nur sehr unbedeutend, doch allmählich bis etwa zu dem sechzigsten, wo ihr tiefster Stand Statt findet. Bei Greisen steigt sie wieder und zwar so sehr, daß sie das Maß des kindlichen Alters erreicht. Dies scheint freilich im Widerspruche zu stehen mit dem Sinken des Lebensprozesses überhaupt bei den Greisen. Man darf aber nicht vergessen, daß der Produktion der inneren Wärme durch einen äußeren Faktor, durch Ausstrahlung und Verdunstung auf der Haut entgegengearbeitet wird, und daß bei den Greisen die Haut stets welk, zusammengefallen, und die abkühlende Schweißbildung und Ausdünstung auf ein Minimum beschränkt ist. Periodische Schwankungen während des Tages finden allgemein Statt und scheinen selbst in gewissem Grade unabhängig von der Lebensweise. Merkwürdiger Weise sind diese täglichen Schwankungen größer, als die Unterschiede zwischen den mittleren Temperaturen in verschiedenem Alter, denn sie betragen fast 1 Grad R., während der Unterschied zwischen der höchsten Temperatur zur Zeit der Reife im vierzehnten Jahre bis zum sechzigsten nicht ganz ½ Grad beträgt. Die Temperatur erhebt sich des Morgens nach dem Erwachen ziemlich schnell und erreicht ihren ersten Höhepunkt um die 11. Vormittagsstunde; sie sinkt in den darauf folgenden Stunden ein wenig, bis die Zeit des Mittagsbrodes den Ausgangspunkt eines neuen Ansteigens bildet, welches um die 6. bis 7. Nachmittagsstunde seinen Gipfel erreicht. Von diesem, welcher zugleich der Höhepunkt für den ganzen Tag ist, an, sinkt dann die Temperatur fast stetig während der Abend-

und Nachtstunden, und erreicht während des Schlafes um die 4. Nachmitternachtsstunde ihren niedrigsten Stand. Um mich eines verständlichen Bildes zu bedienen, macht also die Temperatur im Laufe des Tages eine doppelte Welle. Der Wellenberg der kleineren fällt in die 11., ihr Thal in die 2. Mittagsstunde; der Berg der größeren in die 6. Nachmittagsstunde, das Thal derselben in die 4. Nachmitternachtsstunde. Es stehen diese Schwankungen in dem genauesten Zusammenhange mit dem Pulse, dessen Häufigkeit ganz denselben gleichzeitigen Schwankungen unterliegt, und dadurch auch mit der Athmung, da, wie wir gesehen haben, die Häufigkeit der Athembewegungen stets in einem gewissen Verhältniß zu derjenigen des Pulses steht.

Die Temperaturverschiedenheiten der inneren Theile des Körpers können natürlich nicht bei lebenden Menschen untersucht werden, und auch bei Thieren sind bis jetzt nur wenige Versuche mit zuverlässiger Genauigkeit angestellt worden. Es ist zu beklagen, daß wir hier keine Thatsachen in großer Zahl besitzen, die freilich genau genug gesammelt sein müßten, um sehr kleine Verschiedenheiten von einem Zehntel und selbst einem Zwanzigstel Grad mit Sicherheit angeben zu können; solche Versuche würden mehr, als lange Seiten theoretischer Abhandlungen, auf sichere Schlüsse über den eigentlichen Ort der Wärmeerzeugung führen. Die bis jetzt bekannten Versuche ergeben nur sehr wenig Resultate. So soll das Blut der Halsschlagader beinahe um einen Grad höher temperirt sein, als dasjenige der Halsvene; Lunge und Leber ebenfalls um einen Grad höher, als Gehirn und Magen, und während einerseits die meisten Beobachter behaupteten, das linke Herz sei um einen halben bis ganzen Grad wärmer, als alle übrigen Körpertheile, fanden anderseits nicht minder glaubwürdige Beobachter das Blut der rechten Herzkammer um einen halben Grad wärmer, als das durch die Athmung abgekühlte Blut der linken Herzkammer. Ist diese letztere Beobachtung richtig, so dürfte es auch wahrscheinlich sein, daß das venöse Blut überhaupt etwas wärmer wäre, als das arterielle, das die Produkte des Umsatzes der

Gewebe noch nicht in sich aufgenommen hat. Die meisten Beobachter wollen aber gefunden haben, daß die Arterien um etwas mehr als einen halben Grad wärmer sind, als die sie begleitenden Venen, und Mancher schließt daraus gerade entgegengesetzt, daß das linke Herz eine Wärmequelle sei, von welcher aus das geheizte Arterienblut in alle Theile des Körpers ströme.

Die Athmung ist ohne Zweifel einer der wichtigsten Hebel zur Erzeugung der Wärme. In allen Fällen, wo die Athmung sinkt, wo die Athemzüge in längeren Intervallen folgen, nur kurz sind, und an Intensität, Tiefe und Schnelligkeit abnehmen, in allen diesen Fällen sinkt auch die Temperatur des Körpers rasch und oft selbst mit auffallender Schnelligkeit. Jeder hat wohl schon diese Beobachtung bei Individuen gemacht, welche in Ohnmacht fallen, wo die Athemzüge fast gänzlich verschwinden, der Herzschlag sich vermindert und eisige Kälte sich über den Körper verbreitet. Beiläufig gesagt, ist dadurch auch ein Mittel gegeben, eine wahre Ohnmacht von einer verstellten zu unterscheiden. Wir können zwar willkürlich den Athem einhalten und uns so gewöhnen, daß wir denselben nur unmerklich und in großen Intervallen schöpfen; allein willkürlich kalt zu werden ist noch keinem Menschenkinde gelungen; sogar den Frauen nicht, welche zuweilen in Darstellung künstlicher Ohnmachten eine anerkennenswerthe Virtuosität besitzen.

In weit ausgedehnterem Maße aber lassen sich diese Erscheinungen bei denjenigen Thieren beobachten, welche in Winterschlaf sinken. Ich habe selbst Gelegenheit gehabt, den kleinen Siebenschläfer, die sogenannte Haselmaus, in ihrem Schlafe zu beobachten, und genaue Untersuchungen darüber sind vor nicht langer Zeit von einem meiner Freunde veröffentlicht worden. Sobald das Thier schläft, so werden seine Athemzüge so selten und so sanft, daß es kaum möglich ist, sie zu beobachten; das Herz schlägt nur äußerst schwach und kaum fühlbar. Unmittelbar nach dem Einschlafen sinkt auch die Eigenwärme des Thieres, und zwar allmählich so tief, daß sie kaum ein Weniges über der Temperatur des umgebenden Raumes sich erhält. So bleibt

das Thier während seines Schlafes. Sobald es aber erwacht werden die Athemzüge häufiger, der Herzschlag rascher und in kurzer Zeit steigt die Wärme höher und höher, bis sie den Punkt erreicht, auf welchem sie sich beim wachenden Zustande stationär erhält. Ob das Thier unmittelbar vorher gefressen habe, oder nicht, hat auf die nachfolgenden Erscheinungen durchaus keinen Einfluß; seine Temperatur sinkt beim Einschlafen in durchaus ähnlicher Weise.

Der Einfluß der Respiration auf Entwickelung der Wärme ist demnach nicht zu verkennen; allein es fragt sich, ob derselbe unmittelbar ist, ob der chemische Prozeß der Athmung selbst Wärme bildet, oder ob vielmehr diese Funktion nur mittelbar wirkt, indem sie mit anderen Thätigkeiten des Körpers in die engste Verbindung tritt.

Es kann nicht geläugnet werden, daß in dem Körper eine Oxydation der durch die Nahrungsmittel eingeführten Stoffe vor sich geht. Betrachten wir die in dem Darmkanal aufgenommenen Substanzen ihrer allgemeinsten Zusammensetzung nach, so stellt sich heraus, daß alle eine bestimmte Quantität Sauerstoff enthalten, nie aber eine so große Menge dieses Elementes, daß sie hinreichend wäre, den Kohlenstoff und den Wasserstoff, der sich ebenfalls in den Nahrungsmitteln findet, vollständig zu verbrennen und in Kohlensäure und Wasser überzuführen. Auf der anderen Seite treten uns in den Auswurfsstoffen des Körpers, und namentlich in den gasförmigen Produkten der Respiration, diese zwei vollständig oxydirten Stoffe hauptsächlich entgegen; die Athmung liefert Kohlensäure und Wasser. Es muß demnach offenbar in dem Körper eine Verbrennung des Kohlenstoffes und des Wasserstoffes auf Kosten des durch die Respiration zugeführten Sauerstoffes der Luft vor sich gehen, und daß Verbrennung Wärme entwickele, ist eine Thatsache, die nicht erst bewiesen zu werden braucht. Die erste Frage, welche hier gestellt werden muß, ist ohne Zweifel die : Genügt die auf die angegebene Weise entwickelte Wärmemenge, den Verlust, welchen der Körper beständig durch Ausstrahlen erleidet, zu decken?

Ist es möglich, aus dieser beständigen Verbrennung zu erklären, warum wir in den verschiedensten Temperaturen der umgebenden Luft dennoch stets dieselbe Eigenwärme beibehalten, oder können noch andere Wärmequellen nachgewiesen werden?

Man hat approximativ so genau als möglich die Menge von Kohlenstoff zu bestimmen gesucht, welche in den Körper durch die Nahrungsmittel gelangt. Es müssen solche Berechnungen stets etwas Schwankendes haben; denn selten wohl findet man Leute, die sich zu einem durchaus regelmäßigen Regime hergeben wollen, die einen Tag um den andern genau dieselbe Quantität Speisen zu sich nehmen möchten, und ohne zu wechseln eine solche Lebensart Monate durchführen wollten. Unterscheidet sich doch, der Behauptung Beaumarchais' zu Folge, der Mensch neben anderen Charakteren gerade dadurch von den Thieren, daß er über den Durst trinkt, und oft auch mehr ißt, als er Hunger hat. Aus der Verproviantirung der dänischen Seeleute hat man berechnet, daß dieselben etwa 23 Loth Kohlenstoff in 24 Stunden verbrauchen, und für die englischen Seeleute gelangte man etwa auf die gleiche Zahl. Für die Gefangenen eines Zuchthauses, welche gemeinschaftlich und so viel wie möglich im Freien arbeiten, erhielt man den etwas geringeren Werth von 21 Loth und für Gefangene in Einzelhaft und Untersuchungsarrest die noch weit geringere Menge von 17 Loth, die auf eine zerstörende Unterdrückung und Niederhaltung des Lebensprozesses deutet. Aus dieser Verhältnißzahl schon kann man entnehmen, welche raffinirte Grausamkeit unser Zeitalter in Erfindung der lange fortgesetzten Einzelhaft bethätigte. Fand doch derselbe Beobachter, welcher diese niedrige Zahl des Kohlenstoffverbrauches für die Einzelgefangenen berechnete, nach derselben Methode für den Verbrauch einer Kompagnie Soldaten, deren Leben doch wahrlich nicht zu beneiden ist, ein Mittelzahl von beinahe 28 Loth täglich, also ¼ mehr als bei den Einzelgefangenen! Und solchen Zahlen gegenüber müht man sich noch ab, nachweisen zu wollen, daß Menschen durch die Einzelhaft gebessert und daß überhaupt diese Art und Weise der Behand-

lung den wohlthätigsten Einfluß auf ihre moralische Seite haben könne!

Kehren wir indeß zu unserem Gegenstande zurück. Man hat sich vielfach abgemüht, nachzuweisen, daß die Verbrennung der Kohlenstoffmenge, welche in den Körper eingeführt wird, hinreiche, um die Entwickelung von Wärme in demselben und den steten Verlust durch Ausstrahlung und Verdunstung zu decken.

Man ging dabei von dem Satze aus, daß eine gewisse Menge Kohlenstoff dieselbe Quantität Wärme entwickeln müsse, ob er nun direkt verbrannt werde, oder durch mancherlei Zwischenstufen verschiedenartiger Verbindungen dem Endziele der Verbrennung entgegen geführt werde. Allein gerade dieser Fundamentalsatz wird durch neuere Untersuchungen nicht bestätigt, während auf der anderen Seite die Quellen der Wärmeentstehung außerordentlich vermehrt werden durch die Erkenntniß, daß überhaupt gar kein Stoffumsatz, gar keine chemische Zersetzung, gar keine Bewegung der Moleküle stattfinden könne ohne gleichzeitige Entbindung von Wärme. Hat man dies einmal erkannt, so muß man einsehen, daß es unmöglich ist, auf experimentalem Wege das Maß der inneren Wärmeentwickelung im Körper anzugeben. Die Resultate der Ernährung, die wir erst in ihren Summen vor uns sehen, sind aus einer unendlichen Menge kleiner Pöstchen zusammengesetzt, deren Maß eben seiner Kleinheit wegen sich unseren Untersuchungsmitteln entzieht. Jedes Blutkörperchen, jedes Fäserchen, jedes Tröpfchen Flüssigkeit im Körper ist in beständiger Bewegung, in stetem Umtausche, in unausgesetzter Zerstörung und Neubildung begriffen. Jeder dieser Prozesse, an unendlich kleinen Theilen vor sich gehend, entwickelt eine unmeßbar kleine Menge von Wärme, deren Summe uns erst in für unsere Instrumente zugänglicher Größe entgegentritt. Aus eben so kleinen Posten summirt sich auch der Verlust, den der Körper durch Verdunstung von Flüssigkeiten, durch Verflüssigung fester Theile, durch Ausstrahlung und ähnliche Prozesse erleidet, und hier auch tritt uns erst die Summe dieser vielen unendlich kleinen Wirkungen entgegen.

Hat man sich diese Verhältnisse einmal klar gemacht, so hat man sich schon gewissermaßen die Frage beantwortet, an welchen Ort denn der Heerd der Wärmeerzeugung hinzusetzen sei. Die ältere Meinung, welche namentlich seit Lavoisier gäng und gäbe geworden war, schien freilich die einfachste und ungezwungenste. Nach dieser fand die Verbrennung in der Lunge Statt; das venöse Blut kreiste, mit verbrennlichen Stoffen angefüllt, in der Lunge, trat dort in Wechselwirkung mit dem Sauerstoff der Atmosphäre; was verbrennen konnte, verbrannte, und das durch diesen Prozeß erhitzte arterielle Blut verbreitete sich nun in dem ganzen Körper, überall hin seine Wärme tragend und vertheilend. Die Lungen waren demnach der thierische Ofen, und wie in einem mit Wasserheizung versehenen Hause vertheilten sich die dort zusammenlaufenden Heizröhren nach allen Theilen des Körpers.

Manche Umstände jedoch ließen sich schwer mit dieser Annahme vereinigen, und namentlich darf man unter diesen die Temperatur der Lungen selbst in Anschlag bringen. Die Hitze müßte in diesen sehr groß, jedenfalls um einige Grad höher sein, als in den übrigen Theilen des Körpers. Die Erfahrung sagt hier das Gegentheil; die Lungen sind nicht wärmer als der Magen und alle anderen Eingeweide, welche in verschlossenen, wohlgeschützten Räumen liegen. Man hätte die aus dieser Thatsache abzuleitenden Schlußfolgerungen zwar noch umgehen können; mit dem Augenblick aber, wo durch den Versuch nachgewiesen wurde, daß Thiere auch in anderen Gasarten als Sauerstoff Kohlensäure ausathmen; daß die Kohlensäure in dem Blute schon existirt, ehe dieses nur in den Lungen ankommt und daraus dargestellt werden kann; mit diesem Augenblick, sage ich, mußte das ganze theoretische Gebäude fallen. Die Lungen konnten nicht mehr das Organ sein, in welchem die Kohlensäure gebildet wird, und da der eben erwähnten Ansicht nach die Erzeugung dieses Oxydes die Ursache der Erwärmung des Körpers war, so mußte auch nothwendig der Ort, wo diese vor sich geht, aus den Lungen verlegt und anderen Organen vindicirt werden.

Wenn indeß auch die Lungen der alleinige Wärmeheerd nicht sind, so muß dennoch zugestanden werden, daß wenigstens ein geringer Grad von Wärme darin entwickelt werden müsse. Folgende Umstände scheinen eine solche Annahme durchaus gebieterisch zu verlangen.

Die Luft, welche wir einathmen, hat im Durchschnitt in unseren Zonen eine Temperatur von 10 bis 12 Graden, im Sommer mehr, im Winter weniger. Selten nur haben wir Hitzegrade, wo die Luft so warm wäre, als unser Körper. Die ausgeathmete Luft hingegen hat die Temperatur unseres Körpers, sie ist demnach innerhalb der Lungen bis auf diesen Grad erwärmt worden; die Lungen müssen eine gewisse Quantität Wärme durch diese Abgabe verloren haben, die um so größer ausfällt, je kälter die äußere Temperatur ist. Im Winter muß demnach dieser Verlust an Wärme weit bedeutender sein, als im Sommer, und je weiter im Norden wir leben, um so mehr muß er zunehmen, während umgekehrt, gegen den Aequator hin, dieser Verlust mehr und mehr abnimmt.

Ferner ist die Luft, die wir einathmen, nur sehr selten mit Wasserdampf gesättigt. Sie ist wohl nie vollkommen trocken, allein eben so selten auch tritt der entgegengesetzte Fall ein. Die ausgeathmete Luft dagegen ist vollkommen mit Wasserdampf gesättigt, und dieser Dampf kann nur durch Verdunstung der innerhalb der Lungen befindlichen Flüssigkeiten, d. h. des Blutes, geliefert werden. Nehmen wir nun auch an, daß ein Erwachsener täglich nicht mehr als ein halbes Pfund Wasserdampf in seinen Lungen bilde (eine Annahme, die nach den jetzt vorliegenden Thatsachen eher zu gering, als zu hoch ist), so erhalten wir dadurch ein Abkühlungsmoment, welches noch viel bedeutender einwirken dürfte, als die Erhitzung der eingeathmeten Luft. Denn es ist bekannt, daß ein fester Körper, welcher flüssig wird, oder eine Flüssigkeit, welche sich in Dampf verwandelt, einer bedeutenden Quantität Wärme bedarf, um in ihren neuen Zustand überzugehen; daß diese Wärme, welche man die latente nennt, sich an dem Thermometer nicht mehr fühlbar macht, und daß

somit die Verdampfung einer gewissen Quantität Wasser in den Lungen eine bedeutende Abkühlung dieser letzteren erzeugen müsse. Diese Abkühlung aber kann in der That nicht nachgewiesen werden; die Lungen haben dieselbe Temperatur, wie alle inneren Organe des Körpers, für welche diese außerordentlichen Momente der Abkühlung nicht eintreten, und es kann demnach mit vollem Rechte aus dieser Thatsache gefolgert werden, daß in den Lungen noch eine besondere Wärmequelle existiren müsse, welche, trotz des Umstandes, daß ihnen beständig Wärme entzogen wird, sie doch auf einer constanten Temperatur erhält.

Die Schwierigkeit, diese Quelle zu bestimmen, fällt in die Augen. Die bis jetzt vorhandenen Thatsachen können auf keine solche leiten, zumal da der Präexistenz der Kohlensäure in dem dunkeln, venösen Blute wegen die unmittelbare Verbrennung des Kohlenstoffes in den Lungen nicht statuirt werden kann. Vielleicht indeß, daß diese Thatsache nicht absoluten Werth hat, und daß zwar ein Theil der Kohlensäure schon fertig zugeführt wird, ein anderer aber erst in den Lungen sich bildet. Auffallend ist es wenigstens, daß bei alten Leuten, bei welchen die Intensität der Respiration bekanntlich sehr abnimmt, sich beinahe regelmäßig in den Lungen schwarze Massen absetzen, welche fast nur aus reinem Kohlenstoffe bestehen. Diese Absätze von Kohlenstoff sind nicht allein krankhafte, geschwulstartige Anhäufungen, die man unter dem Namen von Melanosen schon seit langer Zeit kennt; — sie erscheinen vielmehr in Form eines feinen Pulvers, das im Lungengewebe selbst sich anhäuft, und oft dasselbe so erfüllt und in so hohem Grade unwegsam macht, daß es Aerzte giebt, welche den Tod der Alten zum großen Theile dieser Anhäufung von Kohlenstoff in den Lungen zuschreiben. Sieht es nicht aus, als wenn hier der Kohlenstoff, der bei der langsamen und unvollständigen Respiration in den Lungen nicht verbrennen konnte, in seiner ursprünglichen Form in dem Gewebe abgelagert würde?

Eine unzweifelhafte Quelle der Wärmeentwickelung im menschlichen und thierischen Körper ist noch außerdem in der Bewegung zu finden; allein leider erscheint auch hier die genaue

Bestimmung dieses Faktors eben so schwierig und in ungemein weiten Grenzen schwankend, als die Anerkennung der Thatsache an sich allgemein ist. Angestrengtes Umherlaufen und Bewegung der Füße wärmt diese mehr und nachhaltiger, als Annäherung an das Kamin, und bei Arbeiten im Freien während des Winters befinden wir uns wohl in Kleidern, die in der Ruhe uns kaum vor dem Erfrieren schützen würden. Der Einfluß der Bewegung ist sicher schon ein durchaus unmittelbarer; der Armmuskel eines Mannes, welcher Holz sägt, erwärmt sich durch die anhaltenden Contraktionen, die er macht, um mehr als einen Grad über seine gewöhnliche Temperatur, es kann somit nicht in Zweifel gestellt werden, daß die Muskularbewegung an sich schon Wärme erzeugen müsse. Vielleicht ist auch gerade in den Zusammenziehungen des Herzens die Quelle der dort entwickelten Wärme zu suchen. Wenn es überhaupt wahr ist, daß die linke Herzkammer der wärmste Theil des Körpers sei, so ist nicht außer Augen zu lassen, daß das Herz ein in beständiger heftiger Bewegung begriffener Muskel ist, und daß gerade das linke Herz die größte Masse besitzt und die lebhaftesten und kräftigsten Zusammenziehungen ausführt.

Nicht nur durch unmittelbare Erzeugung von Wärme aber wirkt die Bewegung, sondern auch mittelbar durch Anfeuerung aller Funktionen des Körpers. Lebhaftes Springen, Laufen, jede Anstrengung der Muskelkraft überhaupt beschleunigt die Athmung, wirkt dadurch belebend auf die Thätigkeit des Herzens ein, und fördert somit durch Anregung des Kreislaufes den Blutumlauf und den Stoffwechsel. Das Blut kreist schneller durch die Organe, die Metamorphose wird lebhafter, eben weil in schnellem Umschwunge das Blut der in der Ernährung gebildeten Auswurfsstoffe sich mit größerer Raschheit entledigen kann. Das Capillargefäßsystem der Organe ist aber, wie wir schon früher ausgeführt haben, der Sitz der chemischen Prozesse; in dem Gewebe der Organe selbst, das von den vielfachen feinen Röhren der Haargefäße durchzogen ist, geht jener Stoffwechsel vor sich, den wir als Ernährung bezeichnen und dessen Hauptaufgabe

Bildung neuer organischer Formelemente und Zurücknahme aller verbrauchter Stoffe ist. Da, wo der Sitz der chemischen Prozesse des Körpers ist, muß aber auch der Heerd seiner Wärme sein; denn die chemischen Verbindungen sind es hauptsächlich, welche Wärme entwickeln. Sonach dürfen wir denn auch dreist behaupten, daß der Ernährungsprozeß der Organe es sei, welcher die Quelle der thierischen Wärme liefert, und es liegen Thatsachen in hinreichender Zahl vor, welche beweisen, daß man sich die Wärme des menschlichen Körpers nicht so vorstellen muß, wie von einem einzelnen Punkte ausgehend, sondern daß vielmehr seine Temperatur das Resultat aller jener kleinen Wärmemengen ist, welche in jedem Momente des Körpers an allen Punkten seiner Theile produzirt werden. Man kann mit dem Thermometer in der Hand nachweisen, daß entzündete Theile eine höhere Temperatur besitzen, daß mithin die Empfindung von Hitze, welche bei jeder nur irgend wahren Entzündung sich einstellt, nicht nur auf einem subjektiven Gefühle der Nerven beruht, sondern in der That einen objektiven Grund besitzt. In entzündeten Theilen aber ist der Stoffwechsel in hohem Grade bethätigt, das Blut kreist vielleicht nur ganz im Anfange, sobald die Entzündung noch auf dem bloßen Stadium der Congestion stehen bleibt, schneller als im normalen Zustande. Später stockt das Blut völlig in den gelähmten Capillargefäßen, sein Plasma tritt aus in die umgebenden Theile, und bald entstehen nun Neubildungen verschiedener Art, je nachdem der Prozeß der Entzündung mehr zu diesem oder jenem Ausgange neigt. Während der ganzen Zeit, wo dieser Prozeß dauert, ist auch die Temperatur des Theiles bedeutend erhöht, und somit eine selbstständige Produktion von Wärme einzig durch die im Innern des entzündeten Theiles vorgehenden chemischen Metamorphosen durchaus außer Zweifel gestellt.

Man darf indeß diese erhöhte Wärme, welche sich nicht nur dem Gefühle des Kranken, sondern auch dem Thermometer kund giebt, nicht allzu hoch anschlagen, wenn sie gleich für den Kranken oft ungemein quälend ist. Die Empfindung von Wärme

oder Kälte, welche ein Individuum hat, hängt weit mehr von dem Zustande seines Nervensystemes, als von dem wirklichen Temperaturunterschiede ab. Wir werden in einem späteren Briefe sehen, daß die Hautnerven lediglich mit der Vermittelung des Wärmegefühls betraut sind, und daß in Folge krankhafter Zustände in dieser Beziehung große Irrthümer Statt finden können, lehrt die ärztliche Erfahrung. Bei dem Wechselfieber wechseln bekanntlich drei scharf abgeschnittene Stadien regelmäßig mit einander ab. Der Kranke bekömmt einen Frostanfall, gegen den Decken und warme Krüge nicht schützen; dann folgt trockene Hitze, und endlich bricht reichlicher Schweiß aus, der den Anfall endet. Schiebt man ein Thermometer in die Achselhöhle (der geeignetste Ort, um an Erwachsenen Untersuchungen dieser Art anzustellen), so sieht man, den Empfindungen der Kranken gerade entgegengesetzt, das Quecksilber noch vor dem Beginne des Frostanfalles steigen und dies Steigen während des Frostes fortdauern. Gegen das Ende des Schüttelfrostes, wo der Kranke vor Kälte am ganzen Leibe zittert und mit den Zähnen klappert, erreicht der Thermometer seine größte Höhe und zeigt somit statt einer Verminderung eine Vermehrung der inneren Wärme im Froststadium an; im Hitzestadium ist es von dieser Höhe schon wieder herabgesunken, und dieses Sinken dauert fort, bis an dem Ende des Anfalles das Thermometer seine normale Höhe wieder erlangt hat. Man sieht also, daß man wohl unterscheiden muß zwischen dem subjektiven Wärmegefühl, welches beim Individuum auch unabhängig von äußeren Einflüssen in verschiedener Weise entwickelt werden kann, und dem objektiven Wärmegrade, den unsere Instrumente anzeigen. Ein ähnlicher Unterschied ist auch zu machen in den Empfindungen, welche die berührende Hand uns selber mittheilt. Die Aerzte unterscheiden mit vollem Rechte verschiedene Arten von Hitze, die oft auf verschiedene Krankheitsprozesse deuten. Bei manchen Kranken empfindet die aufgelegte Hand eine unangenehme stechende Hitze, bei anderen eine Vermehrung der Temperatur, die aber kein unangenehmes Gefühl erregt, bei noch anderen endlich scheint

die Temperatur kaum verändert. Es ist möglich, daß das Thermometer bei den drei so verschiedenen Kranken durchaus denselben Grad der Temperatur angiebt. Die Haut in ihren verschiedenen Zuständen der Spannung und Erschlaffung, der Blutleere und der Blutfülle hat offenbar eine verschiedene Leitungsfähigkeit für die Wärme, und hiernach, nicht nach dem wirklichen Wärmegrade, urtheilt unsere fühlende Hand. Man lege ein Stück Eisen und ein Stück Holz neben einander auf einen geheizten Ofen, bis beide dessen Temperatur angenommen haben. Man wird das Holz mit der bloßen Hand anfassen und bei Seite legen können, während man sich an dem Eisen verbrennt, und dennoch wird das Thermometer genau denselben Wärmegrad für beide anzeigen. Wir fühlen mit unserer Hand nicht nur den Unterschied der Temperatur, wir sind auch empfindlich für die absolute Menge von Wärme, welche in einer gegebenen Zeit von einem Körper auf uns überströmt. Das Eisen aber, ein guter Leiter, giebt unmittelbar bei der Berührung eine große Wärmemenge ab, die aus dem Holze erst nach längerer Zeit überströmt. Die verschiedene Wärmeempfindung, welche wir bei der Berührung von Kranken haben, die dem Thermometer doch dieselbe Wärme anzeigen, beruht sicherlich auf demselben Grunde.

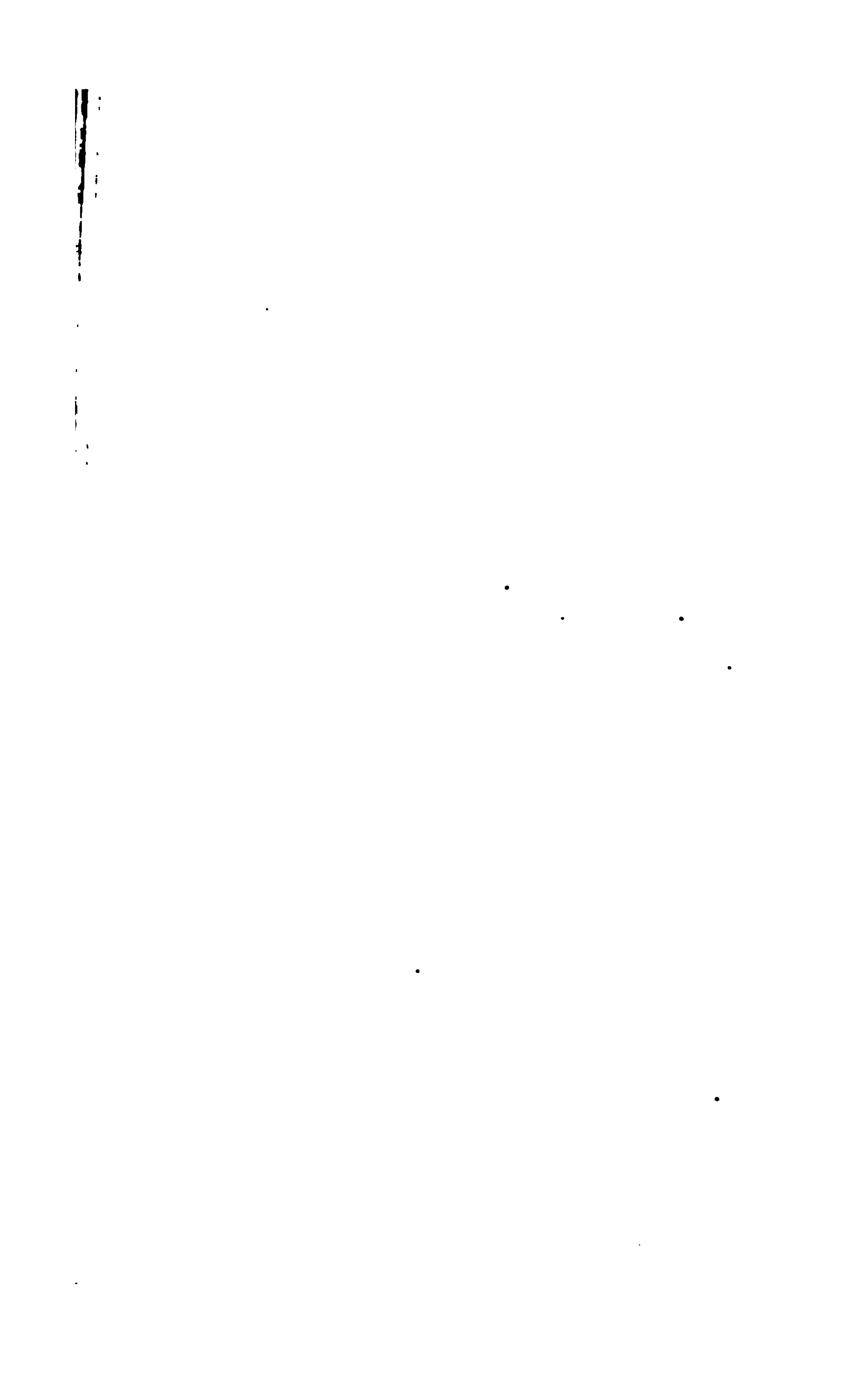
Sollen wir nun unsere Untersuchungen über die Erzeugung der Wärme im thierischen Körper zusammen fassen, so sehen wir, daß in dieser Erzeugung selbst gewissermaßen das Resultat aller verschiedenen Lebensprozesse gegeben ist, und daß die Wärme selbst eine höchst veränderliche Größe ist, zusammengesetzt aus einer Menge veränderlicher Faktoren, deren Einzelsummen oft der unmittelbaren Beobachtung sich entziehen. Nicht nur der Stoffwechsel allein findet seinen Ausdruck in dieser Wärmeerzeugung; auch alle übrigen dem Nervenleben angehörigen Prozesse üben mittelbar durch Niederhaltung oder Anfeuerung des Stoffwechsels ihren Einfluß in dieser Beziehung aus. Es ist keine leere Phrase, wenn man sagt, daß man sich von begeisternder Rede erwärmt, von langweiligem Geschwätze erkältet fühle.

Die Anregung erhöhter Thätigkeit des Gehirnes bedingt schnelleren Stoffwechsel in diesem Organe selbst, schnelleren Blutlauf, erhöhte Thätigkeit in allen Organen des Körpers und damit auch erhöhte Wärme.

Zum Beschlusse dieses Briefes muß ich nun einer Hypothese erwähnen, die noch jetzt in vielen Köpfen spuckt und deren leicht vorauszusehender Tod erst dann erfolgen wird, wenn die hier entwickelten Ansichten durch genaue experimentelle Thatsachen ihre Bestätigung gefunden haben werden. Diese Hypothese besteht einfach darin, daß man den Nerven oder dem unbekannten Räthsel der Lebenskraft die Erzeugung der thierischen Wärme zuschreibt. Wie man ersteren noch eine solche Funktion ertheilen könne, ist mir unbegreiflich. Ein Glied, an welchem man die Nerven durchschnitten hat, behält darum nichts desto weniger so lange seine normale Temperatur bei, als die Ernährung nicht unter der Lähmung leidet. Den Effekt des Sinkens der Temperatur in diesem Falle aber den Nerven zuschreiben zu wollen, ist durchaus unthunlich. Es ist bekannt, daß Glieder, deren Bewegung aus einem oder dem anderen Grunde lange Zeit nicht geübt wurde, in ihrer Ernährung abnehmen und magerer werden; bei Beinbrüchen kann man alltäglich die Erfahrung machen, daß auch das gesunde Bein während des langen Liegens im Bett bedeutend abgemagert ist. Bei Klumpfüßen, wo durch die Difformität des Fußes die Wadenmuskeln ganz außer Thätigkeit kommen, schrumpfen diese ein, ohne daß nur die Nerven im mindesten krankhaft affizirt wären, und die Ernährung nimmt so ab, daß die Kranken beständig Kälte an dem unförmigen Fuße empfinden. Der gleiche Fall tritt bei Lähmungen und Durchschneidungen der Nerven ein, das geringe Sinken in der Temperatur des betreffenden Theiles, das meist erst nach Monate langer Aufhebung des Nerveneinflusses eintritt, kann nur dem Leiden der Ernährung im Ganzen zugeschrieben werden. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur vergleichende Versuche an Thieren anzustellen, indem man bei dem einen die Blutgefäße der Extremitäten unterbindet, bei dem andern die

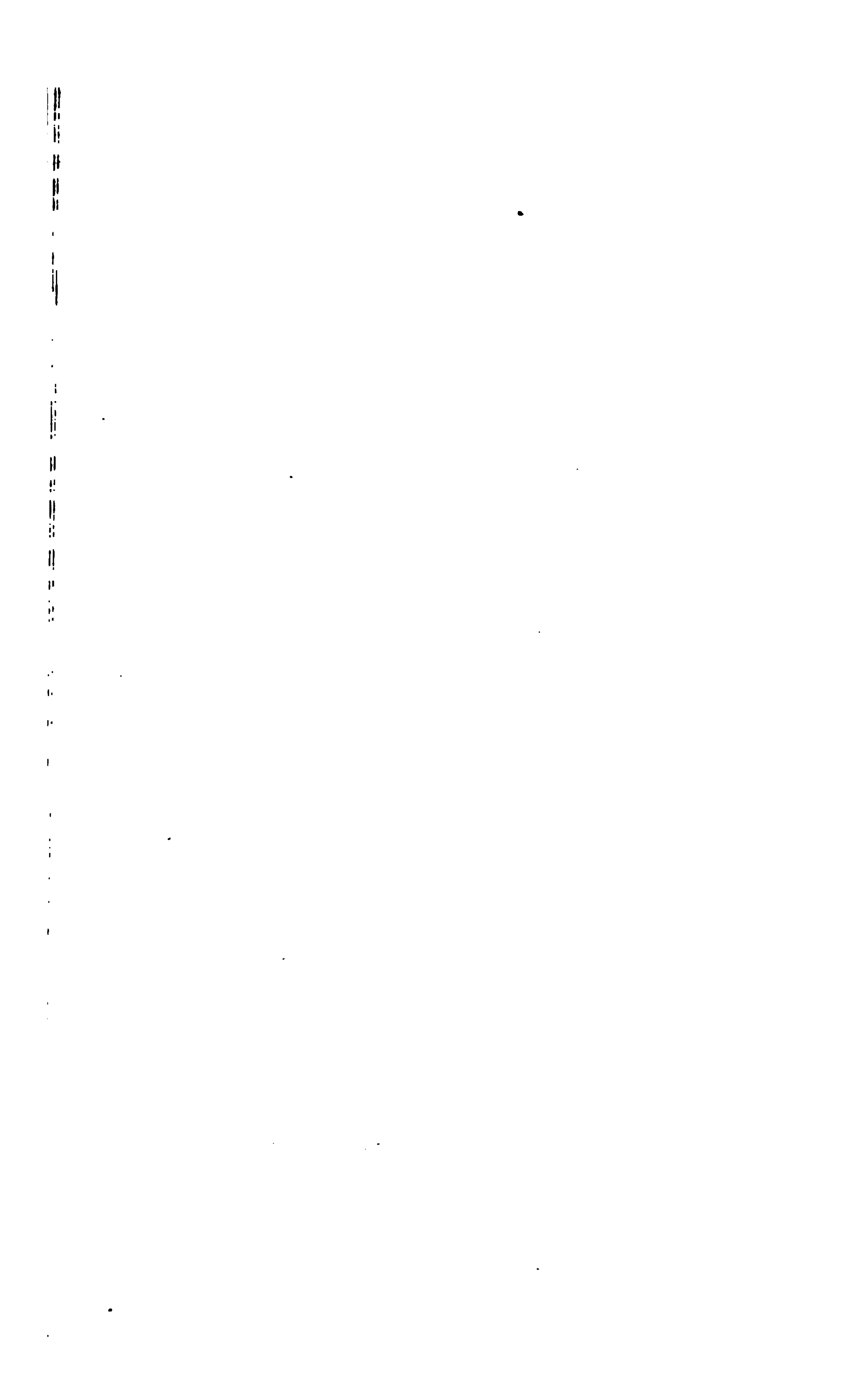
Nerven durchschneidet. In dem Fuße, wo man die Circulation des Blutes unmöglich gemacht hat, kann man die Abnahme der Temperatur von Stunde zu Stunde mit dem Thermometer in der Hand konstatiren; da wo der Nerveneinfluß aufgehoben wurde, ist keine solche Abnahme bemerklich.

Die Lebenskraft endlich gehört zu der Zahl jener Hinterthüren, deren man so manche in der Wissenschaft besitzt und die stets der Zufluchtsort müssiger Geister sein werden, welche sich die Mühe nicht nehmen mögen, etwas ihnen Unbegreifliches zu erforschen, sondern sich begnügen, das scheinbare Wunder anzustaunen. — Die Medizin ist besonders erfinderisch in dieser Beziehung. Guter Gott! was sollte aus der Praxis werden, wenn wir nicht den Rheumatismus, die Hypochondrie und Hysterie hätten; drei jener Rumpelkammern, in welche wir alles werfen, von dem wir nichts Genaueres wissen. Als man die Elektrizität noch nicht kannte, hielt man den Donner für eine übernatürliche Erscheinung, je weiter man aber in der Kenntniß der Natur fortschritt, desto mehr schwand das Geheimnißvolle. Ein gleiches Verhältniß haben wir in der Physiologie; die Lebenskraft ist jenes unbekannte X, das überall im Hintergrunde steht, das stets ausweicht, wo man es fassen will, und dessen Reich um so weiter zurückgedrängt wird, je weiter voran die Wissenschaft ihre Fackel trägt. Noch zu Anfange unseres Jahrhunderts gab es keine Funktion des Körpers, worin nicht dies unbekannte Element der Lebenskraft eine bedeutende Rolle gespielt hätte, die Berufung auf sie zur Erklärung einer vorliegenden Thatsache hat jetzt schon keinen wissenschaftlichen Werth mehr, sie ist nur eine Umschreibung der Unwissenheit.



Zweite Abtheilung.

Das animalische Leben.



Zehnter Brief.

Das Nervensystem.

Der Schädel des Menschen und der höheren Wirbelthiere bildet eine hohle Kapsel, aus einzelnen Knochenstücken in der Weise zusammengefügt, daß nur hie und da kleine Löcher für Nerven und Blutgefäße übrig bleiben, sonst aber ein vollkommen hermetischer Gewölbeschluß erzielt wird. Diese Kapsel wird bei dem Menschen aufrecht auf der Wirbelsäule getragen, welche einen Hohlcylinder darstellt, der aus einzelnen, auf einander geschichteten Ringen, den Wirbeln, zusammengesetzt ist. Die einzelnen Wirbel sind durch Gelenke und elastische Zwischenplatten sowohl unter sich als mit dem Schädel verbunden, und ihr vorderer, der Bauchfläche zugekehrter Theil ist stärker angeschwollen, so daß man an jedem Ringe den einer dicken rundlichen Scheibe gleichenden Körper des Wirbels von dem Bogentheil, welcher den inneren Kanal nach hinten zu umschließt, unterscheiden kann. In der von Schädel und Wirbelsäule auf diese Weise gebildeten Höhle ist nun das Centralnervensystem, das Gehirn und Rückenmark, eingeschlossen, und zwar in der Weise, daß bei aufrechter Stellung das Hirn auf der Schädelbasis aufruht, die in ihrem vorderen Theile etwa der Decke der Augenhöhle entspricht, während das Rückenmark frei in dem Rückenkanale aufgehängt und nur durch seine häutigen Umhüllungen, sowie durch die Blutgefäße und die von ihm abgehenden Nerven an den Wänden befestigt ist.



Fig. 14. Das Centralnervensystem des Menschen von der Bauchfläche aus. a. Gehirn. b. Vorderlappen des großen Gehirnes. c. Mittellappen. d. Hinterlappen, vom kleinen Gehirne fast verdeckt. e. Kleines Gehirn. f'. Verlängertes Mark. f. Rückenmark. 1. Geruchsnerv. 2. Sehnerv. 3. Augenmuskelnerv. 4. Pathetischer Nerv. 5. Dreigetheilter Nerv. 6. Abziehnerv des Auges, über die Varols-Brücke herüber laufend. 7. Antlitz- und Hörnerve. 9. Geschmacksnerve. 10. Herumschweifender Nerve. 11. Beinerve und Zungenmuskelnerve. 13—16. Die vier ersten Halsnerven. g. Halsnerven, die das Armgeflecht bilden. 25. Rückennerv. 33. Lendennerv. h. Lenden- und Kreuzbeinnerven zum Hüftgeflecht zusammentretend. i. Die letzten Nerven, die noch eine Strecke im Rückenmarkskanal fortlaufen und den sogenannten Pferdeschweif (cauda equina) bilden. j. Der unpaare Endigungsnerve des Rückenmarkes. k. Der Hüftnerv (Nervus ischiaticus).

Jedermann kennt das eigenthümliche Aussehen der weichen, fast breiartigen Substanz, aus welcher Hirn und Rückenmark zusammengesetzt sind. Man weiß, daß diese Substanz eine theils hellweiße, theils graue oder grauröthliche Farbe hat, und daß an dem frischen Gehirne sich ein großer Reichthum von Blutgefäßen und auf dem Durchschnitte überall feine Blutpünktchen sich zeigen. Ebenso weiß Jeder, daß das Rückenmark die sehr einfache Form eines langen, nach unten zugespitzten rundlichen Stranges zeigt, der bei dem Menschen etwa bis in die Gegend des zweiten Lendenwirbels reicht und nur je in der

Hals- und Lendengegend an dem Abgangspunkte der die Arm- und Hüftgeflechte bildenden großen Nerven eine geringe Anschwellung zeigt, sonst aber in seiner ganzen Länge stets dasselbe Aussehen besitzt. Die Bauch- und Rückenfläche des Rückenmarkes sind etwas abgeplattet und zeigen in der Mittellinie eine feine Furche, wodurch das Rückenmark in zwei symmetrische Seitenhälften geschieden wird, die nur in der Mitte durch einen schmalen Verbindungstheil zusammenhängen. Im Centrum des Rückenmarkes findet sich ein feiner Längskanal, der um so weiter ist, je jünger das Individuum, und den man den Rückenmarkskanal nennt. Auch zwei flache seitliche Furchen lassen sich, wenn auch mit größerer Unbestimmtheit, unterscheiden. In regelmäßigen Absätzen, den Wirbeln entsprechend, entspringen von dem Rückenmarke zu beiden Seiten die Nerven, deren es 31 Paare giebt, die zwischen je zwei Wirbeln durch ein besonderes Loch nach außen dringen, und sich in dem Körper verbreiten.

Bei weitem nicht so einfach wie derjenige des Rückenmarkes ist der anatomische Bau des Gehirnes. Hier treten uns sowohl im Aeußeren als auch im Inneren eine Menge von Formgestaltungen entgegen, auf die wenigstens einigermaßen näher einzugehen wir uns nicht versagen dürfen, da mit der Bedeutung einzelner dieser Theile und ihrer Beziehung sowohl zur Empfindung als Bewegung, wie auch zu den höheren Verrichtungen des Gehirnes, ein oft gewagtes Spiel getrieben worden ist. In die Einzelheiten einzugehen dürfte indeß für unseren Zweck um so weniger geeignet erscheinen, als gerade bei dem Gehirne die Kenntniß der gröberen anatomischen Struktur oft in gar keinem Zusammenhange mit der Analyse der Funktionen selbst und den darüber bekannten Thatsachen steht.

Aus der Entwickelung des Gehirnes und Rückenmarkes sowohl, wie aus der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere läßt sich darthun, daß das Centralnervensystem anfänglich aus einer zusammenhängenden Reihe mehr oder minder geschlossener Räume gebildet ist. Längs der Wirbelsäule des Embryo findet sich als erste Anlage des Rückenmarkes ein cylindrisches Rohr,

an dessen vorderem Ende drei Blasen aufsitzen, welche hinter einander gelegen, die verschiedenen Theile des Gehirnes andeuten und die man füglich von vorne nach hinten mit dem Namen Vorderhirn, Mittelhirn und Hinterhirn belegen kann. Direkte Fortsetzung des letzteren ist das Rückenmarksrohr. Die genannten Räume sind mit mehr oder minder gallertartiger Flüssigkeit erfüllt und auf ihrem Boden bilden sich Ansammlungen festerer Substanz, die allmählich längs der Wände der Gehirnblasen in die Höhe steigen und gewölbartig nach oben fortschreiten, bis sie sich in der oberen Mittellinie begegnen. Erst wenn diese Begegnung an gewissen Stellen vollendet ist (an andern erfüllt sie sich gar nicht), erst dann erfolgt auch Anhäufung von festerer Masse nach innen gegen den Kanal selbst hin; — der von Flüssigkeit erfüllte Raum nimmt mehr und mehr ab und bei dem erwachsenen Menschen endlich bleiben nur einzelne unbedeutende Höhlenräume zwischen den verschiedenen Gehirntheilen übrig, während der übrige Schädelraum und Rückenmarkskanal von fester Substanz erfüllt ist.

Es geht schon aus dieser kurzen Skizze der Entwickelungsgeschichte des Centralnervensystemes hervor, daß man zweierlei Gebilde daran unterscheiden kann, deren Geschichte wesentlich von einander verschieden ist, nämlich einerseits den Hirnstamm oder die ursprünglichen Theile, welche sich auf dem Boden der Gehirnblasen und des Rückenrohres absetzten, und andererseits die Gewölbtheile, welche, auf dem Hirnstamm aufsitzend, den Schluß der festen Theile nach oben und die Ausfüllung der Höhlenräume von oben und den Seiten her bedingten. Jede der drei ursprünglichen Hirnmassen hat so den auf dem Grunde sich durchziehenden Hirnstamm und einen darüber aufgesetzten Gewölbtheil, dessen Entwickelung bei den verschiedenen Klassen und Arten von Thieren sehr verschieden ist. Die wesentlichen Unterschiede, welche man in der Bildung des Gehirnes der Wirbelthiere sieht, hängen meist von dem Umstande ab, daß die Gewölbtheile der verschiedenen Hirnmassen sich ungleichmäßig entwickeln, daß bei der einen Art das Vorderhirn, bei einer andern das Mittel-

oder Hinterhirn übermäßig sich ausbildet, und die anderen Theile dadurch in ihrer Entwickelung gehemmt, überbaut und zurückgedrängt werden, so daß sie nur noch in rudimentären Verhältnissen sich finden. So stehen bei dem Menschen namentlich die Theile des Mittelhirns durchaus in keinem Verhältnisse zu dem Vorderhirn, dessen Gewölbtheil namentlich unverhältnißmäßig sich vergrößert und so über das Mittelhirn hinüberschlägt, daß dasselbe dem Blicke von allen Seiten entzogen ist und erst nach Abtragung oder Zurückschlagung des Vorderhirnes gesehen werden kann.

Die Gewölbebildung ist an dem menschlichen Gehirne namentlich bei dem Vorderhirne am Deutlichsten wahrnehmbar. Deckt man den Schädel eines Menschen ab, so sieht man zwei große, in der Mitte getrennte ovale Massen, deren Oberfläche zahlreiche, in einander gefaltete Windungen zeigt und die den ganzen oberen Schädelraum erfüllen. Vorne ruhen diese Massen auf dem knöchernen Dache der Augenhöhlen, hinten werden sie von einem eigenen häutigen Vorsprunge getragen, der so an der inneren Fläche des Hinterhauptes angebracht ist, daß er fast in derselben Horizontalebene liegt, wie das Dach der Augenhöhlen. Diese gewundenen Massen sind die Gewölbtheile des Vorderhirns, oder in der anatomischen Kunstsprache die Hemisphären des großen Gehirnes (s. Fig. 15 auf S. 232.) Der Spalt, welcher beide Hemisphären in der Mittellinie trennt, geht vorn bis auf das knöcherne Dach der Augenhöhle, hinten bis auf das häutige Zelt am Hinterhaupte durch, und in ihn senkt sich eine senkrechte Falte der sehnigen harten Hirnhaut (dura mater), welche die große Hirnsichel genannt wird. Das häutige Zelt des Hinterhauptes, auf welchem der hintere Theil der Hemisphären ruht, ist eine eben solche, nur horizontal gestellte Falte der harten Hirnhaut, die zur Trennung von dem kleinen Gehirne dient. In dem Raume, welchen die Hirnsichel frei läßt, wird der Zusammenhang der beiden Hemisphären durch eine breite Masse vermittelt, deren obere Fläche man leicht zur Anschauung bekommt, wenn man die beiden Hälften des Gehirnes etwas seitlich aus einander drückt.



Fig. 15. Senkrechter Durchschnitt in der Richtung der Hirnsichel nach unten geführt, so daß nur die Verbindungstheile der beiden Hemisphären durchschnitten sind. a. Vorderlappen; b. Mittellappen; c. Hinterlappen der Großhirnhemisphäre. d. Kleines Gehirn. Sein Mitteltheil, der sogen. Wurm, zeigt auf dem Durchschnitte den sogen. Lebensbaum, die weiße Marksubstanz, die überall von grauer Substanz eingefaßt ist. f. Der Balken. g. Seitentheil des kleinen Gehirnes. h, i. Die Varolsbrücke, durchschnitten. l. Die durchsichtige Scheidewand (Septum pellucidum). m. Das verlängerte Mark. n. Sehnerv. o. Zugang zum Hirntrichter.

Diese weiße, aus queren Fasern gebildete Masse heißt der Schwielenkörper oder der Balken. Schneidet man diesen Balken etwas auf der Seite senkrecht durch, so trifft man auf eine innere Höhle, welche nach hinten zu noch von einer besonderen Markausbreitung, dem sogenannten Gewölbe, überdeckt und geschlossen ist. Die beiden seitlichen Hirnhöhlen, welche in jeder Hemisphäre sich finden, haben eine sehr unregelmäßige Gestalt, und laufen in mehrere Fortsetzungen, sogenannte Hörner aus, auf deren Form wir nicht weiter eingehen können. Die ganze Hirnmasse aber, welche über und neben den Hirnhöhlen angelagert ist, und die mehr als zwei Drittel des gesammten Gehirnes ausmacht, ist Gewölbtheil des Vorderhirnes. Nur die-

jenige Masse, welche den Boden dieser Hirnhöhlen bildet, gehört dem Stamme des Vorderhirnes an.



Fig. 16. Der Hirnstamm aus den Gewölbtheilen herausgelöst und für sich dargestellt. 1. Der Sehhügel; 2. dessen hinterer Theil. 3, 4. Die Kniehöcker, besondere schleifenartige, zum Sehhügel gehörige Theile. 5. Anfang des Sehnerven. 6. Die Zirbeldrüse. 7, 8. Vorderer und hinterer Hügel der Vierhügel. 9 und a. Verbindungstheile derselben zum Hirnstamme. b. Ursprung des pathetischen Nerven. c. Verbindungstheil zwischen kleinem Gehirn und Vierhügeln (Kleinhirnschenkel zu den Vierhügeln). d. Ein Theil desselben, die Schleife genannt. e, f. Großhirnschenkel. g. Gemeinschaftlicher Augenmuskelnerv. h. Varolsbrücke. i. Kleinhirnschenkel zur Brücke. k. Kleinhirnschenkel zum verlängerten Marke. l. Dreigetheilter Nerve. m. Abziehnerve des Auges. n. Antlitz- und Hörnerve. o. Olivenkörper. p. Pyramidenkörper. q. Rückenmarksfurche. r. Strangförmiger Körper. s. Rückenmark. t. Rautengrube.

In diesem Vorderhirnstamme unterscheidet man zwei Paare von Anschwellungen : eine vordere, den sogenannten Streifenhügel, welche hauptsächlich mit dem Riechnerven, eine hintere, die Sehhügel, welche mit dem Sehnerven in Beziehung steht.

Tief versteckt unter den hinteren Lappen der großen Hemisphären findet sich eine mittlere unpaare Erhabenheit, etwa von Haselnußgröße, die durch zwei sich kreuzende Furchen in zwei ungleiche Hügelpaare getheilt ist. Man nennt diese Erhabenheit die Vierhügel. Sie wird in ihrem Inneren längs der Mittellinie von

einem Kanale durchbohrt, welcher mit den übrigen Hirnhöhlen in direktem Zusammenhange steht. Auf diese Weise werden die Vierhügel, dieser schwache Rest des Mittelhirnes, ebenfalls in einen oberen Gewölbtheil und einen unteren Stammtheil getrennt.



Fig. 17. Ansicht des menschlichen Gehirnes von unten (Hirnbasis). 1. Vorderlappen; 2. Mittellappen; 3. Hinterlappen der Großhirnhemisphäre. 4. Hemisphären des kleinen Gehirnes. 5. Mitteltheil (Wurm) des kleinen Gehirnes. 6. Vorderes getrenntes Läppchen (Flocke) der Kleinhirnhemisphäre. 7. Untere Längsspalte des großen Gehirnes. 8. Riechnerven. (Erstes Paar). 9. Austritt der Riechnerven aus dem Hirnstamme. 10. Kreuzung der Sehnerven. Chiasma nervorum opticorum. (Zweites Paar.) 11. Grauer Hügel; 12. Zitzenkörper, beides Anschwellungen auf der unteren Fläche des Hirnstammes hinter der Sehnervenkreuzung. 13. Augenmuskelnerv. Oculomotorius. (Drittes Paar.) 14. Varolsbrücke. 15. Kleinhirnschenkel zur Brücke. 16. Dreigetheilter Nerv. Nervus trigeminus. (Fünftes Paar.) Unmittelbar davor das weit dünnere, vierte Paar, N. patheticus oder trochlearis. 17. Abziehnerve des Auges. N. abducens. (Sechstes Paar.) 18. Antlitznerve und Hörnerve. N. facialis und N. acusticus. (Siebentes und achtes Paar.) 19. Pyramidenkörper des verlängerten Markes. Zu ihrer Seite nach Außen die Olivenkörper. 20. Zungenschlundkopfnerve, herumschweifender Nerve und Beinerve. N. glossopharyngeus, vagus und accessorius Willisii. (Neuntes, zehntes und elftes Paar.) 21. Muskelnerve der Zunge. N. hypoglossus. (Zwölftes Paar.) 22. Erster Halsnerve.

Im Hinterhirne endlich sind Stamm und Gewölb auf auffallendste Weise getrennt. Der Stammtheil wird von dem verlängerten Marke gebildet, das aus mehreren gesonderten Strängen, den Oliven, Pyramiden und strangförmigen Körpern zusammengesetzt ist und nach vorn zu einem bedeutenderen Knoten anschwillt, in welchem man quere Fasern unterscheidet, und der die Brücke (pons Varoli) heißt. Von dem verlängerten Marke und der Umgegend der Brücke entspringen die meisten Hirnnerven und ebenso gehen von hieraus Ausstrahlungen weißer Marksubstanz, welche die Grundlagen der Gewölbtheile bilden und die man die Hirnschenkel nennt. Man unterscheidet hauptsächlich die Großhirnschenkel und die Schenkel des kleinen Gehirnes, welches über dem verlängerten Marke aufliegt und durch das quere Hirnzelt von den Hemisphären des großen Gehirnes getrennt ist. Durch tief einschneidende Furchen, die eine quere Bogenrichtung haben, ist das kleine Gehirn in eine Menge einzelner Blätter getheilt und zeigt auf dem Durchschnitte eine baumartige Vertheilung der inneren weißen Masse, welche die alten Anatomen mit dem Namen des Lebensbaumes bezeichneten. Auf der oberen Fläche des verlängerten Markes öffnet sich da, wo das kleine Gehirn aufliegt, der Rückenmarkskanal mit einer länglichen Vertiefung, welche die Rautengrube genannt wird, und setzt sich dann unter dem kleinen Gehirne, den Großhirnschenkeln bis zwischen die Sehhügel fort, wo er einerseits mit den großen Hirnhöhlen, andererseits mit einem trichterförmigen Anhange nach unten, den man den Hirntrichter genannt hat, sich vereinigt. Diese sämmtlichen mit einander in Verbindung stehenden Höhlen, die nur der Rest des bei dem Embryo bestehenden Raumes sind, der allmählich durch die Wucherung der Nervensubstanz ausgefüllt wurde, sind mit einem eiweißhaltigen Wasser erfüllt, welches auch das Nervensystem von außen umspült und das Hirnwasser genannt wird. Bei dem angeborenen Wasserkopfe der Kinder ist dieses Hirnwasser außerordentlich vermehrt, so daß die Hirnsubstanz selbst und namentlich

die Gewölbtheile derselben oft auf eine unbedeutende Schicht reducirt sind.

Die weiche, fast breiartige Substanz des Gehirnes und die außerordentliche Veränderlichkeit seiner Elementartheile, die schon unmittelbar nach dem Tode beginnt, hat lange der Erkenntniß seiner Struktur bedeutende Hindernisse in den Weg gelegt. Man wußte schon aus dem äußeren Anblicke, daß man eine weiße Masse unterscheiden konnte, welche deutlich gefaserten Bau besaß, und eine mehr oder minder grauröthlich gefärbte Substanz, die, in geringerer Menge vertheilt, keine solche gefaserte Struktur zeigte, und in der man, je nach Färbung und Textur, noch verschiedene geringere Modificationen unter dem Namen der gelben, der schwarzen Substanz unterschied. Die graue Substanz zeigt sich in sehr verschiedenen Verhältnissen. Im Rückenmarke liegt sie in der Mitte rund um den Kanal herum, rings umgeben von weißer Substanz, eine Art Strang bildend, der vier ausgeschweifte Kanten hat, so daß ihr Durchschnitt als ein liegendes Kreuz erscheint; im Gehirne bildet sie einzelne, mehr oder minder scharf getrennte Kerne, die oft mit weißer Substanz mannichfach durchflochten sind. Außerdem ist noch die äußerste Oberfläche des Gehirnes von mehreren dünnen Lagen grauer Substanz gebildet, zwischen welche Blättchen weißer Substanz sich einschieben. Das wechselseitige Verhältniß der Elementartheile dieser verschiedenen Substanzen zu einander zu entwirren ist aber bis jetzt noch nicht gelungen, und wenn wir auch die Formen und Gestalten der weißen Fasern im frischen und veränderten Zustande und die Elemente der grauen Substanz kennen, so ist es doch jetzt noch unmöglich, bis in's Einzelne zu bestimmen, in welchen Beziehungen beide sowohl unter sich als auch mit den Nerven stehen. Die weiße Substanz, welche die Hauptmasse des Gehirnes bildet, besteht unzweifelhaft aus feinen dünnen röhrenartigen Fasern, die aus einer äußerst feinen Scheide und einem durchsichtigen hellen Inhalte gebildet sind, der fast fettartig aussieht, eine ziemliche Zähigkeit besitzt und in seinem Innern zuweilen etwas fester als in der Nähe der

Scheide ist, so daß, zuverlässigen Beobachtern zu Folge, auch hier der sogenannte Axencylinder deutlich wäre. Diese Fasern oder Röhren sind außerordentlich empfindlich gegen Einwirkungen jeder Art, so daß sie bei unvorsichtiger Behandlung, so wie kurze Zeit nach dem Absterben, überall Ausbuchtungen und Auftreibungen erhalten und ihr ursprüngliches Ansehen gänzlich verlieren. Sie liegen meist in parallelen Bündeln, deren Verlauf man in den einzelnen Theilen des Gehirnes und Rückenmarkes nach vorgängiger Erhärtung verfolgen kann. Im Allgemeinen zeigt sich diese Faserung in der Art, daß die Bündel der Länge des Hirnstammes nach verlaufen, durch die Hirnschenkel in die Gewölbtheile nach oben hin ausstrahlen und auch an einigen Stellen in der Mittellinie, wie an dem Gewölbe und dem Balken des großen Gehirnes, sowie an den mit dem Namen der Commissuren bezeichneten Verbindungssträngen, welche die beiden symmetrischen Hälften des Großhirnstammes mit einander verbinden, und ferner an der Varolsbrücke des Hinterhirnes quer von einer Seite zur anderen gehen.



Fig. 18. Nervenzellen und Ganglienkörper bei einer Vergrößerung von 380—400 im Durchmesser. a. Bipolare Ganglienkugel vom Ganglion des dreigetheilten Nerven der Forelle. Man sieht im Innern die körnige Masse, den bläschenartigen hellen Kern und das Kernkörperchen, so wie den Uebergang der Hülle in die Scheide der Nervenröhren. b. Unipolare Ganglienkugel vom Menschen, an der man in der dicken hellen Scheide die Kerne der Scheidensubstanz sieht. c. Geschwänzte Nervenzelle mit verzweigten Aesten von der grauen Belegungssubstanz des menschlichen Gehirnes. d. Geschwänzte Nervenzelle aus dem Gehirne des Zitterrochens.

Die Hauptmasse der grauen Substanz des Centralnervensystemes besteht aus eigenthümlichen, höchst zarten, in sternartige Fortsätze auslaufenden Körpern von graulicher Farbe, welche man die **Nervenkörper** oder **Nervenzellen** genannt hat. Es bestehen diese Nervenzellen aus einer hellen, zähen, elastischen Masse, in welcher entweder nur sehr feine Körnchen, oder auch in einzelnen Fällen auf einen Klumpen zusammengeballte dunklere Farbstoffkörnchen eingebettet sind. In der Mitte dieser Zellen liegt ein helles durchsichtiges Bläschen, der Kern, mit einem oder zwei rundlichen Kernkörperchen im Inneren. Die strukturlose Hülle, welche diese Nervenzellen umgiebt, ist außerordentlich fein und läßt sich an den meisten nicht einmal mit Sicherheit wahrnehmen. Nach allen Seiten hin strahlen diese Zellen in feine Fortsätze aus, welche sich häufig verästeln, und oft so fein werden, daß ihre weitere Verfolgung in der weichen Substanz unmöglich ist. Diese Fortsätze enthalten dieselbe zähe homogene Grundmasse, wie die Zellen, und ihre Scheide wird so fein, daß sie ebenfalls zuletzt ununterscheidbar wird. Die Größe dieser Nervenzellen wechselt ungemein; die größten finden sich in der grauen Rinde des kleinen Gehirnes, sowie an den Ecken des grauen inneren Kreuzes des Rückenmarkes. An einigen Stellen enthalten sie nur die blasse, zähe, körnige Substanz, an anderen noch die erwähnten Farbekörnchen, wodurch großentheils jene Modifikationen der grauen Substanz erzielt werden, die man mit dem Namen der grauröthlichen, der gelatinösen Substanz u. s. w. bezeichnet hat.

Die erwähnten Nervenzellen sind nicht die einzigen Elemente, welche sich in der grauen Substanz finden. Man sieht dort außerdem eine feinkörnige, blasse, gelatinöse Substanz, ähnlich derjenigen, welche in den Nervenzellen enthalten ist, sowie eine Menge von feinen Nervenröhren, welche höchst wahrscheinlich unmittelbare Fortsetzungen der schwanzförmigen Verlängerungen der Nervenzellen sind. Diese sehen nämlich in ihren letzten Enden den feinsten Nervenröhren so ähnlich, daß man nicht im Stande ist, beide anders zu unterscheiden, als durch den Zusam-

menhang mit anderen Theilen. In einzelnen Fällen hat man den Zusammenhang wirklich sehen können, so wie man anderseits auch Uebergänge der schwanzförmigen Verlängerungen in solche anderer Zellen gesehen hat. Es ist somit höchst wahrscheinlich, daß zwar einerseits die Fortsetzungen der Nervenzellen mit einander communiciren, indem ihre verzweigten Fäserchen und schwanzförmigen Verlängerungen zuletzt eine Art Netz mit einander bilden; daß aber aus diesem ineinander gewirrten Netze anderseits Nervenröhren und solche Fasern hervorgehen, wie sie in der weißen Substanz sich finden, indem einige dieser schwanzförmigen Verlängerungen der Nervenzellen in solche feine Nervenröhren sich fortsetzen.

Diejenigen Fasern, welche die aus dem Gehirn entspringenden Nervenwurzeln zusammensetzen, gehen alle aus dem Hirnstamme hervor, und zwar unzweifelhaft aus den grauen Kernen, die in demselben vertheilt sind. Es ist jetzt bei den meisten Nerven dieser Art gelungen, sie bis zu grauen Kernen zu verfolgen, welche man auch nicht mit Unrecht die Nervenkerne genannt hat. Ob aber die Fasern der Nervenwurzeln hier enden, oder ob sie weiter hinaustreten und in die weiße Masse der Hemisphären eindringen, oder ob sie nur bis zu den vorderen Theilen des Hirnstammes, bis zu dem Seh- und Streifenhügel dringen, ist eine noch unerledigte Frage. Jedenfalls wird aus dem physiologischen Verhalten, wie wir weiter unten sehen werden, klar, daß bei weiterem Vordringen in die Gewölbtheile des Gehirnes die Fasern ihre Funktion ändern müßten, was gewiß als sehr unwahrscheinlich betrachtet werden muß. In dem Rückenmarke ist man ebenfalls über den Ursprung der Nervenwurzeln noch zweifelhaft. Während die Einen behaupten, daß sie aus der grauen Kernsubstanz entstehen, machen die Anderen es wahrscheinlich, daß die letzten Enden bis zum Gehirne emporsteigen. Je weiter die Nervenwurzeln nach außen treten, desto breiter und dicker werden die einzelnen Röhren, aus denen sie zusammengesetzt sind, während zugleich die umgebende Scheide sich deutlicher gewahren läßt. Auf der Oberfläche des Centralor-

ganges angelangt erhalten die Nervenwurzeln ebenso eine weitere Umhüllung, die noch weit stärker und deutlicher wird, sobald sie in die Löcher eintreten, durch welche sie die Schädelhöhle und den Rückenmarkskanal verlassen.

Während wir in dem Centralnervensysteme ein in sich abgeschlossenes Ganzes finden, das ringsum von knöchernen Wänden eingeschlossen, schon durch diese Abgeschlossenheit die Concentrirung seiner Funktionen andeutet, sehen wir im Gegentheile die peripherischen Nerven überallhin durch den Körper verbreitet, alle Organe umspinnend und durchziehend, und auf diese Weise einen direkten Zusammenhang der Körpertheile mit dem Centralnervensystem herstellend. Man begeht im gemeinen Leben noch oft den Fehler, die Nerven mit den Muskeln, besonders aber mit den Sehnen zu verwechseln, welche durch ihr äußeres Ansehen eine geringe Aehnlichkeit darbieten. Man hört ganz gewöhnlich von einer Wunde, welche die Sehnen oder Flechsen eines Gliedes getroffen und dadurch eine Lähmung hervorgebracht hat, es seien die Nerven durchschnitten worden; ein nerviger Arm und ähnliche Ausdrücke sind gang und gäbe, wenn man von einem stark gebauten, muskulösen Gliede sprechen will. Die Nervenstämme, selbst die dicksten, welche wir besitzen, sind nicht so bedeutend, daß sie unter der Haut vorträten; — es sind dünne, weiße, glänzende Stränge, welche meist von dem Centralnervensysteme her durch alle Theile des Körpers sich verbreiten, stets sich schwächend, indem sie Aeste abgeben und endlich in so dünne Zweiglein sich theilen, daß sie dem Auge sich entziehen.

Dem äußeren Ansehen nach kann man schon zweierlei Arten von Nerven im menschlichen Körper unterscheiden. Die einen haben die beschriebene atlasglänzende Weiße, eine gewisse Festigkeit und einen mehr gradlinigen Verlauf; — man kann sie von einem Theile ihres Stammes aus einerseits bis zu dem Centralnervensysteme verfolgen, aus welchem sie mit gesonderten Wurzeln entspringen, während sie anderseits in dem Körper sich an die einzelnen Sinnesorgane, an die Muskeln und die Haut zertheilen. Man nennt diese Nerven, da sie evident aus dem

Gehirne und Rückenmark entspringen, die Hirn- und Rückenmarknerven oder Cerebrospinalnerven. Dagegen findet man namentlich an den Eingeweiden und den Blutgefäßen röthlichgraue, weiche, vielfach untereinander verflochtene Fasern, die keine deutlichen Stämme und Zweige bilden, mit röthlich-weichen Knötchen, sogenannten Ganglien, in Verbindung stehen und als deren Hauptsammelplatz ein knotiger Grenzstrang erscheint, welcher auf der vorderen Fläche des Rückgrates jederseits von oben nach unten verläuft und durch Verbindungsäste mit den meisten Hirn- und Rückenmarksnerven, nicht aber direkt mit den Centralorganen in Verbindung steht. Man nennt diese Nerven sympathische, organische oder Gangliennerven.



Fig. 19. Nervenfasern bei 350facher Vergrößerung. e. Feine; f. mittelbreite; g. breite dunkelrandige Nervenfaser in frischem Zustande von einem Kaninchennerven. h. Faser aus dem menschlichen Rückenmark. Man sieht den hellen Axencylinder und die zusammengezogene Scheide. i. Aehnliche Faser aus dem menschlichen Hirn. k. Uebergang der feinen Hirnfasern in Fasern mit Scheide aus dem Gehirn des Zitterrochens.

Jeder mit bloßen Augen oder unter der Loupe sichtbare Nervenast oder Stamm besteht aus einem Bündel feiner Röhren, welches in den Cerebrospinalnerven von einer deutlichen, mehr oder minder dicken festen Scheide umgeben ist. In dieser Scheide erst liegen die eigentlichen Primitivröhren der Nerven, welche, frisch untersucht, glashell und durchsichtig erscheinen, und bei

Beobachtung von oben einen fettigen oder wachsähnlichen Glanz zeigen. Ganz frisch untersucht und ohne Zusatz von irgend welchen Substanzen, welche das Ansehen der Nervenröhren außerordentlich leicht ändern, zeigen dieselben einfache, dunkele Contouren und einen hellen Inhalt, der durchaus homogen erscheint. Dieser Inhalt wird aber äußerst leicht verändert und namentlich durch Gerinnung so sehr in seinem Verhalten umgewandelt, daß er oft kaum erkennbar ist. Bei geeigneter Behandlung unterscheidet man aber in den Nervenröhren drei wesentliche Elemente : eine innere Centralfaser, weich, biegsam, aber elastisch, etwa wie geronnenes Eiweiß, aber vollkommen durchsichtig und homogen. Dieser Axencylinder der Nervenröhre bricht das Licht eben so, wie das zähflüssige, glänzende, ölartige Nervenmark, welches beim Drucke aus einer durchschnittenen Nervenröhre hervorquillt, und nach außen hin von der elastischen, strukturlosen, durchsichtigen, dunkelrandigen Scheide umgeben wird. Der Axencylinder, den viele Beobachter nicht als ein eigenes Gebilde, sondern nur als den inneren festeren Theil des Nervenmarkes ansehen, findet sich constant in allen Fasern, und setzt sich einerseits in die schwanzförmigen Verlängerungen der Nervenzellen, andererseits bis in die letzten peripherischen Aenderungen der Nervenröhren fort, so daß er als das hauptsächlichste, nie fehlende Element der Nervenfaser sich darstellt. Das flüssige Mark, welches den Axencylinder umgiebt, findet sich nur in den breiteren, dunkelrandigen Nervenröhren und nur in dem peripherischen Nervensysteme überhaupt. Die Röhren des Gehirnes und Rückenmarkes entbehren es gänzlich. Sein Fehlen bedingt die geringere Breite der Nervenfaser, auf welche man früher vieles Gewicht legte, im Verein mit der Scheide, die ebenfalls sowohl im Centralnervensysteme, wie an den letzten Endigungen der Nerven allmählich verschwindet, oder wenigstens vollkommen dünn und unsichtbar wird. Die Unterschiede, welche man früher zwischen dunkelrandigen und hellrandigen Nervenröhren, zwischen breiten und schmalen Primitivfasern festhalten wollte und von denen man gewisse Unterschiede in der Funktion

abhängig machen zu können glaubte, erscheinen den neuesten Untersuchungen zufolge weniger wesentlich, indem dieselbe Faser in ihrem Verlaufe von dem Centralnervensysteme bis zur letzten peripherischen Endigung sehr verschiedene Dicke und große Mannichfaltigkeit hinsichtlich ihrer Contouren und dem Verhalten des Markes und der Scheide zeigen kann.

Wir erwähnten oben der Ganglien oder Knoten, welche sich ganz allgemein an dem sympathischen Nervensysteme finden. Ganz ähnliche Knoten zeigen sich aber auch an den hinteren Wurzeln aller Rückenmarksnerven, sowie an den Wurzeln einiger Hirnnerven, so daß in dieser Beziehung das sympathische Nervensystem nicht als etwas Besonderes angesehen werden kann. Der gleiche Schluß ergiebt sich, wenn man diese Ganglien mikroskopisch untersucht. Ihre graue Masse besteht aus den sogenannten Ganglienkugeln oder Ganglienkörpern, welche hinsichtlich ihres homogenen, zähen, mit Körnchen durchwebten Inhaltes durchaus den Zellen des Centralnervensystemes entsprechen, sich aber dadurch von ihnen unterscheiden, daß sie eine feste Hülle und keine sternförmigen Verlängerungen besitzen. Viele dieser Ganglienkugeln sind vollkommen rund und in sich abgeschlossen, andere, die sogenannten unipolaren Ganglienkörper, setzen sich nach einer Seite, noch andere, die bipolaren, nach zwei entgegengesetzten Seiten hin unzweifelhaft in Nervenfasern fort. Die Ganglien sind demnach zerstreute Centralorgane, in welchen ein Ursprung von Nervenfasern Statt findet, die zu den von dem Centralorgane kommenden Fasern hinzutreten, und dadurch eine Verstärkung des austretenden Nerven bewirken. Da, wo die unipolaren Ganglienkugeln vorherrschen, wie z. B. in den meisten Ganglien des Menschen, stellen die Ganglien wirklich zerstreute Centralorgane dar, welche zu den vorüberstreichenden, vom Hirn und Rückenmarke kommenden Fasern eine Verstärkung von Fasern senden, während bei den Fischen, wo die bipolaren Ganglienkugeln fast einzig vorkommen, jedes Ganglion fast nur ein in den Verlauf des Nerven eingeschobenes Erneuerungsorgan der Nervenwirkung darstellt.

Eine in physiologischer Hinsicht äußerst wichtige Frage ist die nach der **Endigung der Nerven in den peripherischen Organen des Körpers.** So lange die Anwendung des Mikroskopes noch eine äußerst beschränkte war, konnten nur Hypothesen über das Verhalten der Nervenenden aufgestellt werden. Man sah die Nerven in stets feinere Zweige und Zweiglein sich theilen, mit den letzten erkennbaren Aestchen in das Gewebe der Organe, welchen sie bestimmt waren, eindringen, konnte aber nicht die einzelnen Primitivröhren bis zu ihrem Ende verfolgen, um sich zu überzeugen, ob sie stets von dem umgebenden Gewebe isolirt blieben, oder aber mit demselben in ein untrennbares Ganze verschmölzen. Auch jetzt noch, wo angestrengte Untersuchungen mit allen erdenklichen Hülfsmitteln in verschiedenen Gebilden die Nervenendigung mit dem Mikroskope zu verfolgen suchten, sind noch viele Dunkelheiten unaufgeklärt. Man glaubte früher, daß eine jede Primitivröhre von ihrem Ursprunge bis zu ihrem peripherischen Ende hin vollkommen isolirt sei, daß sie mit keinem anderen Gewebe verschmelze und eigentlich gar kein peripherisches Ende besitze, sondern sich zuletzt schlingenförmig umbiege und wieder nach dem Centralorgane zurücklaufe. Man konnte demnach jeden Nerven als ein Bündel von isolirten Primitivröhren ansehen, die in den Aesten sich nicht theilen, sondern nur auseinanderweichen. Die Untersuchungen der Neuzeit haben diese Ansichten mannichfaltig modifiziren müssen. In den mit bloßem Auge sichtbaren Nerven kommen freilich nur wenige Theilungen vor. Die Primitivröhren laufen vollkommen isolirt neben einander her, wie eben so viel umsponnene Drähte eines elektrischen Leitungsapparates. Gegen das peripherische Ende zu theilt sich aber jede Primitivröhre unzweifelhaft mehrfach, und spaltet sich in immer feiner werdende Zweige. Gewöhnlich verlieren diese letzten Enden der Nerven die dickere Scheide, die dunkelrandigen Contouren hören auf und die letzten Enden der verzweigten Fasern werden wieder gänzlich den in den Centralorganen befindlichen Fasern ähnlich. Diese letzten Fasern verbinden sich unter einander schlingenförmig und bilden ein

Maschennetz, aus welchem vielleicht noch feinere Aeste abgehen, die sich frei in dem Gewebe enden. Bei Fröschen und Fischen sind in den Muskeln unzweifelhaft solche freie Endigungen gesehen worden, ebenso in dem elektrischen Organe des Zitterrochens, in der Haut des Frosches u. s. w. Ob dieselben auch bei Säugethieren und dem Menschen vorkommen, ist eine noch unerledigte Frage.

Es giebt in dem menschlichen Körper nur sehr wenige Nervenstämme, welche durchaus isolirt von dem Gehirne aus bis zu ihrem peripherischen Verbreitungsbezirke verlaufen; — die meisten verbinden sich durch sogenannte Anastomosen mit einander; viele auch verschmelzen mit anderen zu einem gemeinschaftlichen Stamme, der sich nicht ohne Zerreißung zerlegen läßt. Es wäre indeß falsch, wenn man glauben wollte, daß solche Verbindungen und Verschmelzungen auf wirklichem Zusammengehen der Nerven beruhe; es sind diese Anastomosen im Gegentheile nur Brücken, mittelst deren Bündel von Primitivröhren aus einem Stamme in den anderen übergehen, um auf der Bahn des andern Nerven weiter zu verlaufen. Oft ist dieser Austausch wechselseitig und die übergehenden Primitivröhren kreuzen sich in der durch die Anastomose gebildeten Brücke; — oft aber verläßt auch nur ein Bündel von Primitivröhren den einen Nerven, um zu dem anderen Stamme überzutreten, ohne daß Reciprocität vorhanden wäre. Es ist wohl denkbar, daß eine und dieselbe Primitivröhre auf diese Weise mehre Nervenstämme theilweise begleitet, um dann wieder auf einen anderen Stamm überzuspringen; nichts destoweniger bleibt die Primitivröhre in ihrem ganzen Laufe isolirt, so weit dieser innerhalb der mit bloßem Auge sichtbaren Nerven Statt findet.

Unter dem Namen der Nervenwurzeln bezeichnet man die Nervenbündel, welche an den Seiten des Gehirnes und Rückenmarkes hervortreten, um sich zu Stämmen zu vereinigen und nach den verschiedenen Körpertheilen zu begeben. So wie das Centralnervensystem, so zeigen auch die peripherischen Nerven eine durchaus symmetrische Anordnung; — alle Cerebrospinalnerven sind paarig im Körper vorhanden und haben einen durch-

aus paarigen Verlauf in beiden seitlichen Körperhälften. An dem Gehirne des Menschen und der meisten Wirbelthiere unterscheidet man 12 Paare von Nerven, während das Rückenmark 31 Nervenpaare liefert. Die ersten treten durch Löcher, welche sich in der Schädelbasis befinden, aus dem knöchernen Schädel hervor; die Rückenmarksnerven verlassen den Kanal mittelst eigener Löcher, welche sich zwischen je zwei Wirbeln finden. Jeder Rückenmarksnerve hat zwei Wurzeln, die deutlich von einander getrennt sind; beide Wurzeln entspringen an der Seitenfläche des Rückenmarkes, die vordere aber mehr gegen den Bauch, die hintere mehr gegen den Rücken hin. Man kann so durch Querschnitte das Rückenmark in eben so viel Segmente theilen, als Nervenpaare entspringen; denn die beiden Wurzeln eines jeden Nerven entspringen in derselben Horizontallinie, wenn man das Rückenmark des stehenden Menschen betrachtet, oder, wenn man das Rückenmark horizontal gelegt denkt, in derselben senkrechten Linie. Beide Wurzeln convergiren nach dem Austrittsloche hin; unmittelbar aber vor ihrer Vereinigung zeigt die hintere Wurzel eine knotenförmige graue Anschwellung, ein wahres Ganglion, in welchem auch wirkliche Ganglienkugeln liegen. Die Unterscheidung dieser beiden Wurzeln, der hinteren, mit einem Ganglion versehenen, und der vorderen ganglienlosen Wurzel, ist von der höchsten Bedeutung für die Physiologie, da, wie wir in der Folge sehen werden, beiden durchaus verschiedene Funktionen zukommen.

Die Nerven, welche vom Gehirne ihren Ursprung nehmen, entstehen sämmtlich, ohne Ausnahme, in dem Hirnstamme auf der unteren Fläche des Gehirnes; die Gewölbtheile stehen durchaus in keinem Zusammenhange mit den 12 Paaren von Nerven, welche dem Schädeltheile des Centralnervensystemes entspringen. So weit bis jetzt die noch sehr unvollständigen Untersuchungen Aufschluß geben, so hat jedes Nervenpaar einen im Hirnstamme gelegenen Kern grauer Substanz, von welchem es seinen Ursprung nimmt, und nachdem es die äußerlich umhüllende weiße Substanz des Gehirnes durchsetzt hat, erscheint es auf der Unterfläche

desselben, um meist nach kurzem Laufe durch ein oder mehrere Löcher des knöchernen Schädels nach den peripherischen Organen vorzudringen.



Fig. 20.

Senkrechter Durchschnitt des Kopfes. Das Gehirn ist herausgenommen, so daß man die Falten der harten Hirnhaut, besonders die Hirnsichel und das Hirnzelt, so wie sämmtliche Nervenwurzeln sieht.

Man hat die verschiedenen Nervenpaare des Gehirnes von vorne nach hinten mit Nummern bezeichnet, welche ich hier nebst den ebenfalls gebräuchlichen, meist von der Funktion entnommenen Namen, anführen will:

Erstes Paar :	Riechnerve	Nervus	Olfactorius,	*o*	Fig. 20.
Zweites „	Sehnerve	„	Opticus,	*p*	„ „
Drittes „	Gemeinschaftlicher Augenmuskelnerve . . .	„	Oculomotorius,	*q*	„ „
Viertes „	Pathetischer Nerve . .	„	Patheticus,	*r*	„ „
Fünftes „	Dreigetheilter Nerve . .	„	Trigeminus,	*s*	„ „
Sechstes „	Abziehnerve des Auges .	„	Abducens,	*t*	„ „
Siebentes „	Gesichtsnerve	„	Facialis,	*u*	„ „
Achtes „	Hörnerve	„	Acusticus,	*v*	„ „
Neuntes „	Zungen-Schlundkopfnerve	„	Glossopharyngeus,	*w*	„ „
Zehntes „	Herumschweifender Nerve	„	Vagus,	*x*	„ „
Elftes „	Beinerve	„	Accessorius,	*y*	„ „
Zwölftes „	Zungenfleischnerve . .	„	Hypoglossus,	*z*	„ „

Faßt man die Nerven hinsichtlich ihrer Verbreitung und der aus derselben schon hervorgehenden Funktion in das Auge, so ergeben sich mehrere bestimmte Klassen.

Der Mensch besitzt außer dem allgemeinen Tastsinne, der überall auf der Haut verbreitet und kaum als an ein besonderes Organ gebunden gedacht werden kann, vier eigenthümliche spezielle Organe für spezifische Sinnesempfindungen : die Nase für den Geruch, das Auge für das Gesicht, das Ohr für das Gehör, und die Zunge nebst den hinteren Theilen des Rachens für den Geschmack. Jede dieser spezifischen Sinnesempfindungen wird auch durch einen besonderen Nerven vermittelt, wir haben einen Riechnerven, Sehnerven, Hörnerven und Geschmacksnerven, der in dem neunten Paare, dem Zungenschlundkopfnerven oder Glossopharyngeus, gegeben ist.

Alle specifischen S i n n e s n e r v e n gehören dem Gehirne an.

Wir besitzen ferner eine zweite Klasse von Nerven, welche einzig und allein in Muskeln sich verbreiten, r e i n e M u s k e l n e r v e n, deren Wurzeln bei der Durchschneidung durchaus keinen Schmerz erzeugen, und bei welchen diese Verletzung nur den Verlust der Bewegung zur Folge hat.

Es gehören hierher die drei Paare von Augenmuskelnerven, das dritte, vierte und sechste Hirnnervenpaar, Oculomotorius, Patheticus und Abducens, das siebente Paar oder der Facialis,

welcher die Bewegungen des Antlitzes vermittelt, das elfte und zwölfte Paar, der Beinerve oder Accessorius, von welchem einige besondere Athembewegungen abhängen, und endlich der Hypoglossus oder Muskelnerve der Zunge.

Die zwei übrigen Nervenpaare des Gehirnes, nämlich dreigetheilter und herumschweifender Nerv, so wie sämmtliche Nerven des Rückenmarkes ohne Ausnahme sind gemischte Nerven, indem sie sowohl Bewegung als Empfindung vermitteln, sich sowohl in bewegenden als empfindenden Organen verbreiten, und somit stets ihre Verletzung gemischte Funktionsstörungen zur Folge hat.

Wir erwähnten schon oben jenes eigenthümlichen Nervensystemes, das man mit dem Namen des organischen, sympathischen oder Gangliensystemes bezeichnet. Hier fehlt jede Centralisation. Eine Menge von einzelnen Ganglien und Ganglienhaufen sind überall unter den größeren Eingeweidegruppen zerstreut und durch vielfache Fäden mit einander verbunden, die zugleich an allen Eingeweiden sich verbreiten, die größeren und kleineren Blutgefäße umspinnen und viele sogenannte Geflechte bilden, von welchem das größte, das Sonnengeflecht, etwa in der Gegend der Herzgrube, aber ganz in der Tiefe auf der Aorta aufliegt. Außer den vielfach zerstreuten Geflechten findet sich dann noch eine Reihe durch kurze Zwischenstränge mit einander verbundener Ganglien, die zusammen den Stamm oder Grenzstrang des Sympathicus bilden und von allen Rückenmarksnerven einen Zweig erhalten. Die Ganglien des Grenzstranges, der jederseits der Wirbelsäule parallel läuft, liegen den Zwischenwirbellöchern gegenüber, so daß man Hals-, Brust- und Bauchganglien unterscheiden kann. Der oberste Halsknoten, der etwa vor dem zweiten Halswirbel liegt, ist eines der größten dieser Ganglien, und die von ihm ausgehenden Zweige und Geflechte stehen mit den meisten Hirnnerven, besonders den gemischten, durch Zweige in Verbindung. Im Ganzen kann man sagen, daß das sympathische Nervensystem sich nur an solche Theile verbreitet, die im normalen Zustande weder Empfindung

noch willkürliche Bewegung zeigen, und daß weder die willkürlichen Muskeln noch die Sinnesorgane in seinen Verbreitungsbezirk fallen.

Es geht aus dieser kurzen Andeutung der anatomischen Verhältnisse des Nervensystemes hervor, daß es wie das Blutgefäßsystem ein allgemein durch den Körper verbreitetes System ist, dessen einzelne Theile überall in bestimmter Beziehung zu einem Centralorgane stehen, von welchem der Impuls der verschiedenen Funktionen ausgeht. So wie die unendlich verzweigten Canäle, welche dem Blutstrome angewiesen sind, alle vom Herzen ausgehen und zu dem Herzen zurückführen, so führen auch die verwickelten Netze des Nerven stets wieder zu dem Centralorgane ihres Systemes, zu Hirn und Rückenmark. Während aber der Inhalt des Blutsystemes in ewig kreisender Bewegung sich umschwingt und seine Thätigkeit nur in der Bewegung gedacht werden kann, ist das Nervensystem im Gegentheile durch Bewegungslosigkeit ausgezeichnet. Wir finden hier keine arbeitende Pumpe, durch welche die Nervensäfte in stetem Umschwunge erhalten werden; kein sichtbares Strömen innerhalb der Kanäle, durch welche die Empfindung und der Willen fortgepflanzt werden, und dennoch unterliegt es keinem Zweifel, daß die Fortleitung und Mittheilung im Nervensysteme weit schneller von Statten gehe, als im Blutsysteme.

Die Kenntniß über die Funktionen des Nervensystemes im Allgemeinen, so wie über die Eigenschaften der einzelnen Nerven insbesondere, hängt fast einzig und allein von dem Experimente am lebenden Thiere oder von den Erfahrungen ab, welche Krankheiten oder Verletzungen am Menschen zeigen. Letztere Quelle aber fließt nur sehr spärlich und meist auch nur sehr trübe. Bei der unglücklichen Eigenschaft der Medizin, jede Frage, mit der sie sich beschäftigt, zu verwirren, statt aufzuklären, und für jede Ansicht eben so viel Beweise als Gegenbeweise anzuführen, wären wir noch immer im Dunkeln, wenn nicht die Vivisektion uns ihr Scalpell geliehen hätte. Die meisten Nervenstämme und Nervenwurzeln sind demselben zugänglich, sie können

durchschnitten, zerstört, ihre Funktion vernichtet werden, und die Erscheinungen, welche nach einem solchen Eingriffe auftreten, geben Aufschluß über die Funktion des zerstörten Nerven. Wenn nach Durchschneidung eines gewissen Nervenstammes jedesmal bestimmte Muskeln gelähmt werden und ihren Dienst versagen, gewisse Hautstellen unempfindlich werden, so daß man sie zerfleischen, mit glühenden Eisen brennen kann, ohne daß die geringste Schmerzensäußerung auf solche Eingriffe erfolgt, so schließen wir natürlich aus dem Nichtvorhandensein der Empfindung, aus der Unmöglichkeit der Bewegung, die als Folge der Durchschneidung auftritt, daß die Funktion des durchschnittenen Nerven eben in Vermittelung der Empfindung und Bewegung bestehe. Wir dürfen offen sagen, daß wir nur da über die Funktion der Nerven etwas Bestimmtes wissen, wo uns das angeführte Mittel der Analyse zu Gebote steht; an den organischen Nerven hat es bis jetzt größten Theils fehlgeschlagen, da die unendliche Vertheilung ihrer einzelnen Stämmchen, der Mangel an Centralisation ihrer Fäden sowohl als ihrer Ganglien, bis jetzt unüberwindliche Hindernisse in den Weg gelegt haben. Von den Funktionen der Centralorgane stehen nur diejenigen fest, welche ebenfalls durch Analyse der Erscheinungen sich ergeben, die bei Thieren nach Abtragung einzelner Theile sich zeigen. Die größere Hälfte der Gehirnfunktionen, nämlich die Beziehung dieses Organes zu den Geistesthätigkeiten, liegt nur deßhalb noch im Dunkeln, weil eben es unmöglich ist, die Gedanken eines Thieres zu sehen und sich von den Veränderungen zu überzeugen, die nach Verletzung der Hirntheile in seinen Geistesthätigkeiten eintreten. Wir können auf die größere oder geringere Schmerzempfindung eines Thieres aus seinem Schreien, aus seinen abwehrenden Bewegungen schließen und auch annähernd daraus auf die Intensität seiner Empfindungen; wir können die nach Verletzung eines Hirntheiles auftretende Lähmung, die nach Reizung erscheinenden Zuckungen einzelner Theile constatiren; — aber auch nicht mehr. Das Verhältniß der Hirntheile zu den Geistesfunktionen kann nie und nimmermehr auf

anderem Wege ermittelt werden, als auf dem Wege der Beobachtung kranker Zustände und Verletzungen des Gehirnes; die Thätigkeit des organischen Nervensystemes konnte ebenfalls bis jetzt größten Theils nur auf demselben Wege, welcher der Medizin anvertraut ist, gefunden werden — von beiden wissen wir thatsächlich so viel als — Nichts!!

Elfter Brief.

Die Funktionen der Nerven.

Bricht man bei einem lebenden Thiere, am besten bei einem jungen Hunde, wo die Knochen noch weich sind, den Wirbelkanal in der Lendengegend auf, und legt auf diese Weise das Rückenmark in seinem unteren Theile blos, so zeigen sich die doppelten, vom Rückenmarke entspringenden Wurzeln der verschiedenen Nervenstränge, welche zu den hinteren Extremitäten gehen. Die hinteren, mit einem Ganglion versehenen Wurzeln liegen frei und offen dem Blicke dar; hebt man diese Wurzeln auf, um in die Tiefe schauen zu können, so findet man in entsprechender Reihe die vorderen ganglienlosen Wurzeln. Beim Berühren, Kneipen oder Stechen der hinteren Wurzeln, bei ihrer Reizung mittelst der beiden Poldrähte einer galvanischen Säule, geben die Thiere die lebhaftesten Schmerzensäußerungen. Führt man nun ein feines Messerchen unter diesen hinteren, mit Ganglien versehenen Wurzeln durch und schneidet sie ab, so schreien die Thiere im Momente der Durchschneidung laut auf. Die durchschnittenen Enden, welche nicht mehr mit dem Rückenmark in Verbindung stehen, kann man nun mißhandeln, wie man will, es erfolgt keine Schmerzensäußerung, während die leiseste Berührung der noch an dem Rückenmarke hängenden Wurzelstümpfe auch die vorherigen Schmerzensäußerungen hervorruft. Hat man nun die Vorsicht gehabt, die hinteren Wurzeln sämmtlicher Nerven, welche in einen Fuß gehen, auf der einen

Seite zu durchschneiden, so ist die Empfindlichkeit in dem ganzen Fuße durchaus aufgehoben. Man kann den Fuß, dessen hintere Nervenwurzeln durchschnitten sind, mit glühenden Eisen brennen, der Hund giebt nicht das geringste Zeichen von Schmerz, während unmittelbar vor der Durchschneidung schon ein Nadelstich ihn zum Schreien brachte.

Gänzliche Empfindungslosigkeit der Theile, zu welchen ein Nerve sich begiebt, ist demnach unmittelbare Folge der Durchschneidung der hinteren Rückenmarkswurzeln eines Nerven.

Ganz andere Resultate zeigen sich bei Reizung und Durchschneidung der vorderen Wurzeln, welche kein Ganglion besitzen. Jede Reizung derselben ist unmittelbar von einer heftigen Contraktion derjenigen Muskeln gefolgt, in welchen sich der betreffende Nerve vertheilt. Bei jeder Schließung und Oeffnung einer galvanischen Kette, mit welcher man die vordere Wurzel in Verbindung setzt, entsteht eine Zuckung der Muskeln. Nach Durchschneidung der Wurzeln ist es dem Thiere unmöglich, den Fuß zu bewegen. Kneipt man es an dem gelähmten Fuße, so schreit es auf, sucht zu entfliehen, strengt sich an, durch Bewegungen den Schmerz abzuwehren, allein alle Anstrengungen bleiben fruchtlos; die Muskeln sind unbeweglich, der Fuß vollkommen gelähmt. Kneipt man die Wurzelstümpfe, welche noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen, so erfolgt weder Schmerzensäußerung, noch Reaktion in irgend einem Theile; reizt man hingegen die mit den Nerven zusammenhängenden Wurzeln, welche vom Rückenmarke getrennt sind, so erfolgen die Bewegungen und Muskelzuckungen ganz so, wie wenn sie noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen würden.

Gänzliche Lähmung der Bewegung befällt demnach diejenigen Glieder, an deren Nerven die vorderen ganglienlosen Rückenmarkswurzeln durchschnitten sind.

Die genannten Versuche gehören zu den grausamsten, welche man an Säugethieren anstellen kann; ihre Resultate sind aber auch so durchaus schlagend, daß nicht der mindeste Einspruch dagegen erhoben werden kann. An Fröschen sind sie leicht an-

zustellen und man trennt nicht selten hier an dem linken Fuße z. B. alle hinteren, an dem rechten alle vorderen Wurzeln, um so die entgegengesetzten Phänomene an demselben Thiere auf verschiedenen Seiten zu sehen. Der rechte Fuß ist gelähmt, der Frosch kann ihn nicht mehr bewegen, er schleift ihn beim Kriechen nach, da ihm das Hüpfen unmöglich ist. Sticht oder kneipt man aber den gelähmten Fuß, so sucht der Frosch zu entrinnen und mit dem linken Fuße das Instrument, das ihm Schmerz verursacht, abzustreifen. Derselbe linke Fuß aber, der alle Bewegungen so vollkommen ausführt und so sichtlich dem Willen gehorcht, ist durchaus unempfindlich; man kann eine glühende Kohle auf ihn legen, ohne daß der Frosch nur daran denkt, den Fuß wegzuziehen.

Es beweisen diese Versuche auf das Schlagendste, daß die beiden Wurzeln eines Rückenmarksnerven durchaus verschiedene Funktionen haben, daß die eine, die mit einem Ganglion versehene hintere die Empfindung, die vordere dagegen die Bewegung vermittelt, und daß diese Nervenwurzeln nur dann noch einer Funktion fähig sind, sobald sie noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen. Sobald dieser unmittelbare Zusammenhang auf irgend eine Weise, mittelst der Durchschneidung, ja selbst nur durch Zusammenschnüren oder starken Druck aufgehoben ist, so existirt die Funktion des Nerven für das Thier nicht mehr; Empfindung wie Bewegung sind ihm beide gleich unmöglich.

Durchaus die gleichen Erfahrungen macht man bei Durchschneidung der einzelnen Wurzeln der Hirnnerven. Diejenigen, welche wir als reine Muskelnerven bezeichneten, wie der Zungenfleischnerv, die Augenmuskelnerven u. s. w., sind unfähig, Schmerzensempfindung zu erregen, während unmittelbare Lähmung der von ihnen versorgten Muskeln die Folge der Verletzung ist. Das fünfte Paar verhält sich durchaus wie ein Rückenmarksnerve; seine große, mit einem Ganglion versehene Wurzel ist außerordentlich empfindlich, seine kleinere Wurzel nur der Bewegung bestimmt.

Die Reizung und Durchschneidung der vier Sinnesnerven dagegen bewirkt durchaus verschiedene Erscheinungen. Die Durchschneidung des Sehnerven, welche auch beim Menschen zuweilen vorgenommen wird, wenn es sich um Ausrottung eines krebsigen Auges handelt, ist nicht schmerzhaft, sie bewirkt keine Lähmung der Augenmuskeln; — im Momente der Durchschneidung aber sieht der Operirte eine hellglänzende Lichterscheinung, ein Feuermeer, das plötzlich in dunkle Nacht versinkt. Thiere, deren Sehnerven man isolirt reizt oder durchschneidet, geben weder Schmerzensäußerungen, noch zeigen sich die Bewegungen des Auges verändert, wohl aber ist das Sehvermögen aufgehoben. Das Auge, dessen Sehnerve zerstört ist, empfindet kein Licht mehr, man kann eine brennende Kerze demselben nähern und mit dem Finger dagegen fahren, ohne daß die Augenlieder blinzeln, wie dies bei sehenden Augen geschieht. Man hat ziemlich häufig Fälle beobachtet, wo der Sehnerve beim Menschen krankhaft zerstört, durch Geschwülste zusammengedrückt war — stets zeigte sich unheilbare Blindheit als Symptom einer solchen Entartung. Ein Gleiches zeigt sich bei den übrigen Sinnesnerven. Nach Durchschneidung, krankhafter Zerstörung oder bei angeborenem Mangel der Geruchsnerven fehlt die spezifische Empfindung der Nase; die unheilbare angeborene Taubheit der taubstummen Kinder namentlich beruht oft auf Entartung oder Mangel der Hörnerven; — Durchschneidung der Zungenschlundkopfnerven hat den Verlust des Geschmackes zur Folge, ist aber an sich ebenfalls durchaus schmerzlos.

Wir können demnach unter den peripherischen Nervenfasern, die vom Centralnervensysteme ausgehen, drei Klassen wesentlich verschiedener Funktionen unterscheiden. Die einen vermitteln die Empfindungen, welche auf das allgemeine Gefühl einwirken, ihre Reizung bedingt stets einen gewissen Schmerz, der je nach dem Grade der Reizung sich steigert, es sind dies die *sensiblen* oder *fühlenden* Nervenfasern.

Die anderen bedingen ebenfalls Empfindungen; — die Richtung ihrer Thätigkeit geht ebenfalls von der Peripherie nach dem

Centrum; allein es sind nur spezifische Empfindungen, durch besondere Apparate vermittelt, welchen sie zugänglich sind: man nennt sie die sensuellen oder Sinnesnerven.

Die dritte Klasse endlich bedingt die willkürlichen Bewegungen; sie vermitteln die Zusammenziehungen der Muskeln: es sind die motorischen oder bewegenden Nervenfasern.

Die sensiblen wie die sensuellen Nervenfasern stimmen hinsichtlich ihrer Funktion darin mit einander überein, daß sie Empfindungen jeglicher Art von außen dem Gehirne zuleiten; die Tastempfindung, Licht, Schall, Geruch und Geschmack werden an einem gewissen Körpertheile aufgenommen und dem Centralorgane zugeleitet. Die Richtung der Thätigkeit dieser Nerven geht deßhalb von außen nach innen, von der Peripherie nach dem Centrum. Anders verhält es sich mit den motorischen Nervenfasern: diese nehmen keine Empfindungen auf; sie vermitteln aber die Leitung des Willens vom Gehirne aus zu den Muskeln; durch sie sind wir Herren unserer Bewegungen und befehlen gleichsam dieser oder jener Muskelfaser, sich zusammenzuziehen und so eine bestimmte Bewegung auszuführen, die wir beabsichtigen. Die Thätigkeitsrichtung dieser Nervenfasern geht somit von Innen nach Außen: die Leitung in den bewegenden Nerven ist centrifugal, die in den empfindenden Nerven centripetal.

Diese Ansicht geht auf die natürlichste und einfachste Weise als erste Schlußfolgerung aus den Versuchen und Beobachtungen hervor.

Berücksichtigt man aber weitere Verhältnisse und namentlich die Resultate, welche aus der elektrischen Untersuchung der Nerven hervorgehen, so findet man, daß dieser Unterschied zwischen centripetaler und centrifugaler Leitung nur scheinbar ist, nur in der Funktion hervortritt, nicht aber in dem Wesen der Primitivfasern begründet ist. Jede Primitivfaser leitet den Reiz, der sie trifft, nach beiden Seiten hin — die Wirkung hängt von den Organen ab, mit denen die Primitivfaser an beiden Enden in Verbindung steht. Die centripetal verlaufenden Reizungsschwin-

gungen, wenn ich mich so ausdrücken darf, finden nur an dem Gehirnende der empfindenden Fasern Nervenelemente, welche die Reizung dem Bewußtsein mittheilen; im Muskelnerven finden sie dieselben nicht und gehen verloren. Umgekehrt finden die centrifugal verlaufenden Reizungsschwingungen nur im peripherischen Ende des Muskelnerven ein Organ, den Muskel, der durch Zusammenziehung den Reiz beantwortet — im Empfindungsnerven geht diese Reizungsschwingung spurlos verloren, aus Mangel eines Organes, das sie aufnimmt. Die spezifische Funktionsverschiedenheit aller Nervenfasern liegt demnach nicht in ihnen selbst, sondern in den beiden Endpunkten, centralem wie peripherischem, zwischen denen sie ausgespannt sind. Für den gewöhnlichen Gebrauch ist aber die eben gegebene Unterscheidung nichts desto weniger wichtig, da sie unmittelbar die Verschiedenheit dieser Endpunkte angiebt.

Die Resultate, welche aus den Versuchen über die Nervenwurzeln hervorgehen, erhalten sich für den ganzen Verlauf einer jeden einzelnen Primitivröhre. So wie eine jede derselben während ihres ganzen Verlaufes anatomisch vollkommen isolirt ist, so ist sie es auch in funktioneller Hinsicht. Nur diejenigen Primitivröhren, welche von einem Reize getroffen werden, reagiren darauf in der ihnen eigenthümlichen Weise, und die übrigen, welche neben ihnen in demselben Nervenbündel liegen, nehmen auf keine Weise an dieser Reaktion Antheil. Die Reaktion bleibt aber auch dieselbe, ob man nun die Primitivröhre an ihrem Austritte aus dem Rückenmark in der Wurzel, im Stamme oder in der Nähe ihres peripherischen Endes angreife, das Resultat bleibt dasselbe, die auf die Reizung erfolgende Reaktion des Nerven in seiner eigenthümlichen Weise durch Schmerz, Sinnesempfindung oder Bewegung findet auf der ganzen Länge des Verlaufes statt.

Jede Primitivröhre eines peripherischen Nerven bildet demnach eine in sich isolirte Leitungsröhre, die von ihrem Endbezirk bis zu ihrem Eintritte in das Centralorgan dieselbe Funktion beibehält.

Aus dieser Isolirung einer jeden einzelnen Primitivröhre in ihrem periphærischen Verlaufe läßt sich zugleich durch physiologische Versuche ermitteln, welches eigentlich die Verbreitungsbezirke jeder einzelnen Gruppe von Primitivröhren seien, die in einem Nervenbündel zusammengefaßt sich nicht mehr anatomisch verfolgen lassen. Viele Nerven entstehen aus Geflechten, sogenannten Plexus, die auf die Weise erzeugt werden, daß mehrere Nervenbündel sich zu einem Stamme vereinigen, welcher später sich aufs Neue verzweigt. Die Verfolgung des Weges, den die einzelnen Primitivröhren in diesen Geflechten durch den Stamm hindurch bis in die Aeste nehmen, ist dann dadurch möglich, daß man aus der Reaktion an verschiedenen Stellen auf die Fortsetzung der Röhren in dem Zwischenraume schließt. Man hat auf diese Weise gefunden, daß der Weg mancher Fasern äußerst complizirt ist, und daß namentlich durch die Geflechte des sympathischen Nervensystemes hindurch einzelne Primitivröhren oft einen Verbreitungsbezirk finden, den man ihnen ihrem Ursprunge nach nicht zutrauen sollte. Die Untersuchung des Verbreitungsbezirkes der einzelnen Nerven ist demnach eine wichtige Aufgabe für die Physiologie, und die Feststellung dieses Verbreitungsbezirkes und damit auch der Wirkung des Nerven selbst ist nicht nur an sich, sondern auch in ihren Folgen für Medizin und Chirurgie äußerst einflußreich. In physiologischer Hinsicht kann es zwar am Ende ziemlich gleichgültig sein, ob die Nervenfasern, welche ein paar Muskeln des Fußes in Bewegung setzen oder das Gefühl eines Stückes Haut vermitteln, diesem oder jenem Stamme sich zugesellen; — für den Arzt aber, der aus vorhandenen Schmerzen, aus abnormen Bewegungen, aus Lähmung einzelner Theile auf krankhafte Veränderungen zurückschließen soll, die vielleicht an einer ganz anderen Stelle des Körpers ihren Sitz haben, ist dieser Gegenstand von der höchsten Wichtigkeit. Nicht minder vergrößert sich das Interesse an den Funktionen der einzelnen Nerven für den Physiologen, wenn diese Verbreitungsbezirke auf solche Apparate fallen, welche zu den größeren Prozessen des Lebens, zu Athmung, Blutlauf,

Verdauung eine bestimmte Beziehung haben. In dieser Hinsicht sind besonders einige Hirnnerven interessant, von deren Funktionen wir hier eine kurze Skizze geben wollen.

Der dreigetheilte Nerve oder das fünfte Hirnnervenpaar ist, wie oben bemerkt wurde, ein gemischter Nerve, der aus zwei Wurzeln, einer großen, vorzugsweise empfindlichen, und einer kleinen, nur motorischen Wurzel entspringt. Ein großes Ganglion, der sogenannte Gasser'sche Knoten, ist vorzugsweise an der größeren sensitiven Wurzel ausgebildet, so daß die Struktur des Nerven im Ganzen der eines Rückenmarksnerven ziemlich ähnlich sieht. Mittelst eines eigenen kleinen Instrumentes gelingt es bei Kaninchen und jungen Hunden, wo die Schädelwandungen nicht allzu fest sind, ziemlich leicht, ohne Verletzung anderer Theile den Nerven innerhalb der Schädelhöhle vollständig zu durchschneiden und so seine Funktion gänzlich aufzuheben. Die Erscheinungen, welche dieser Operation folgen, stimmen gänzlich mit den Symptomen überein, welche sich bei Menschen fanden, deren dreigetheilter Nerve durch irgend eine Ursache gelähmt war. Der Nerve ist vorzugsweise der Empfindungsnerve des Gesichtes. Man kann sagen, daß nach seiner Lähmung die ganze Hälfte des Vorderkopfes, zu welcher sich der Nerv verzweigt, empfindungslos geworden ist. Die Stirn- und Wangenhaut, die innere Schleimhaut der Nase und der ganzen Mundhöhle sind durchaus unempfindlich. Man kann mit einer Nadel in die Wange, in die Zunge, in die Nase stechen, ohne daß der Kranke die mindeste Empfindung davon hat. Ja man kann mit der Nadel oder einem Stückchen Papier auf dem geöffneten Auge oder unter den Augenliedern herumkratzen, ohne daß der mindeste Schmerz erzeugt wird. Diese Empfindungslosigkeit hat mancherlei Erscheinungen im Gefolge. Trinkt ein Kranker, dessen Nerv auf der einen Seite gelähmt ist, so kömmt es ihm vor, als ob aus dem Glase auf der entsprechenden Seite ein Stück ausgebrochen sei; kaut er, so scheint der Bissen, welcher auf die empfindungslose Seite der Zunge und der Zähne kommt, aus dem Munde gefallen. Oft auch zerbeißt der Kranke seine Zunge

auf der leidenden Seite, weil ihn keine Schmerzempfindung benachrichtigt, daß dieselbe unter die Zähne gekommen sei. Da zugleich die Kaumuskeln, welche von der kleinen Wurzel des dreigetheilten Nerven versorgt werden, auf der entsprechenden Seite gelähmt sind, so gewöhnt sich der Kranke nach und nach, nur auf der gesunden Seite zu kauen. Auch die Absonderungen sind auf der kranken Seite gestört. Die Bindehaut des Auges, die nicht mehr so ausgiebig von der Thränenflüssigkeit benetzt wird, erscheint trocken, wie die Schleimhaut der entsprechenden Nasenhöhle, und in Folge dieser Trockenheit entstehen leicht Entzündungen, Schorfbildungen, die bis zu eiteriger Zerstörung des Auges fortgehen können.

Dem dreigetheilten Nerven gerade entgegengesetzt ist in seiner Wirkung der Antlitznerv oder das siebente Nervenpaar. Dieser ist der Bewegungsnerv des Gesichtes: er bedingt den mimischen Ausdruck, das die Empfindungen begleitende Mienenspiel. Nach seiner Lähmung, die man zuweilen auf Universitäten in Folge einer richtig geführten steilen Quarte zu beobachten Gelegenheit hat, hängen die Muskeln der entsprechenden Seite schlaff herab, die Augenlieder müssen mit den Fingern geöffnet werden, und aus dem gelähmten Mundwinkel fallen leicht Speisen und Getränke heraus. Dauert die Lähmung länger an, so wird allmählich das Gesicht auf die gesunde Seite gezogen, da die gelähmten Muskeln der kranken Seite nicht mehr denen der entgegengesetzten Gesichtshälfte das Gleichgewicht halten.

Eines der merkwürdigsten Nervenpaare hinsichtlich seiner Vertheilung im Körper ist das zehnte oder herumschweifende Paar. Es entspringt weit hinten an dem verlängerten Marke, mit einer Menge von Fasern, die großen Theils fühlend und nur sehr wenig motorisch sind. Gleich nach seinem Ursprunge aber nimmt es den größten Theil der Fasern des rein motorischen elften Paares, des Beinerven, auf, und läuft nun an dem Halse zur Seite der großen Halsschlagader herab. Der äußere Gehörgang, ein Theil des weichen Gaumens, der Schlundkopf, Schlund und Magen, Kehlkopf, Luftröhre, Lungen und

Herz werden nun von den Zweigen der so vereinigten Nerven versehen, und somit stehen auch die Funktionen der Ernährung und Verdauung, der Athmung und des Kreislaufes, welche zum Theil an die genannten Organe gebunden sind, mit dem herumschweifenden Nerven in nächstem Zusammenhange. Durch seine Verbindung mit dem Beinerven ist der herumschweifende Nerv zugleich ein gemischter geworden, und steht nun in wesentlicher Beziehung zu den Bewegungen sowohl als auch zu den Empfindungen.

Die Durchschneidung des herumschweifenden Nerven ist ungemein schmerzhaft; die Thiere schreien laut auf, sind aber hernach unempfindlich an den von ihm versorgten Theilen. Kitzeln des Kehlkopfes, der inneren Fläche der Luftröhre, was sonst Husten hervorbringt, hat keine Wirkung. Der untere Theil der Speiseröhre ist gelähmt; — durch Niederschlucken bringen die Thiere Speisen und Flüssigkeiten bis etwa in die halbe Länge des Schlundes, wo sie liegen bleiben, den gelähmten Schlund ausdehnen und endlich durch Erbrechen wieder herauf befördert werden. Man sieht so operirte Hunde Tage lang sich abquälen, indem sie das Erbrochene stets wieder auffressen, hinabschlucken und von Neuem erbrechen. Hat man eine künstliche Magenöffnung vorher gemacht, so daß man in dieses Organ hineinschauen kann, so findet man, daß die Magenbewegungen nicht verändert sind, daß dagegen die Absonderung des Magensaftes längere Zeit nach der Durchschneidung des herumschweifenden Nerven deßhalb geringer wird, weil gar keine Flüssigkeit zum Ersatz der Absonderungen in das Blut gelangt. Spritzt man Wasser in den Magen, so wird dieses vollkommen aufgesaugt und gleich darauf stellt sich die Absonderung des Magensaftes und die Verdauung in normaler Weise ein. Die Erscheinungen, welche man nach der Durchschneidung der herumschweifenden Nerven an dem Magen beobachtet, hängen deßhalb weder von dem Aufhören der Magenbewegungen, noch von dem Aufhören der Magensaftabsonderung und einer dadurch bedingten Verdauungsstörung ab: sie sind einzig Folge des gehinderten Ein-

strömens von Flüssigkeit in den Magen, und sind deßhalb auch ganz den Erscheinungen ähnlich, die man bei längerem Durſten beobachtet. Die Bewegungen des Herzens werden zitternd, unregelmäßig und nehmen bedeutend an Zahl zu, da, wie wir später sehen werden, der Nerv in einem eigenthümlichen Antagonismus zu dem sympathischen Nerven steht und seine Reizung den Stillstand des Herzens bewirkt. Indeß ist der Einfluß der Durchschneidung auf die Herzbewegungen nicht so bedeutend, daß man hierin eine wesentliche Ursache zur Veränderung des Gesundheitszustandes finden könnte. So wie die Empfindungen des Kehlkopfes vernichtet sind nach Durchschneidung des herumschweifenden Nerven, so zeigen sich auch die für die Athmung so wichtigen Bewegungen des Kehlkopfes aufgehoben. Die Stimmbänder, welche die Stimmritze öffnen und schließen, fallen zusammen und werden bei der Einathmung durch den Druck der einströmenden Luft zugedrückt, wie die Klappen eines Ventiles; das Thier ist stimmlos, es sucht vergebens zu schreien; nur durch tiefe, heftige Einathmungen kann es etwas Luft durch die zugeklappte Stimmritze pressen; allein die Athemnoth wird stets größer und größer, und wenn man nicht durch Eröffnung der Luftröhre unterhalb des Kehlkopfes der Luft Zutritt gestattet, so stirbt das Thier, wenn es jünger ist, unausbleiblich an Erstickung. Allein auch in diesem Falle, wo man eine künstliche Luftröhrenöffnung unter dem Kehlkopfe anlegt und in Folge dessen das Thier länger am Leben bleibt, sinken die Athemzüge bedeutend an Zahl, sie sind tief und mühevoll und man bemerkt, daß die so veränderten Athembewegungen dem Respirationsbedürfniß nicht Genüge thun.

Wenn nun nach Durchschneidung beider herumschweifenden Nerven die Thiere apathisch werden, in großer Athemnoth sich befinden, die stets mehr und mehr zunimmt; wenn die nackten Theile der Haut, welche sonst röthlich gefärbt sind, bläulich werden, und so Zeugniß ablegen von der unvollständigen Oxydation des Blutes; wenn endlich die Thiere unter Zunahme dieser Erscheinungen zu Grunde gehen: so sieht der vorurtheils-

freie Beobachter gleich, daß hier nicht, wie man früher behauptete, ein direkter Einfluß des herumschweifenden Nerven auf die Ernährung und die Athmung, sondern nur ein indirekter besteht, der von mehreren combinirten Ursachen abhängt. Die Lähmung der Stimmritze und des Kehldeckels bringt zwar ein Zusammenfallen dieser Theile hervor; allein bei älteren Thieren bleibt beständig der hintere Theil der Stimmritze noch offen, so daß der Luftzutritt zwar beschränkt, aber nicht gänzlich aufgehoben wird. Jüngere Thiere dagegen, bei welchen dieser Unterschied zwischen dem stets offen bleibenden hinteren Theile, der sogenannten Athemritze, und der durch die Stimmbänder sich gänzlich schließenden vorderen eigentlichen Stimmritze nicht existirt und die ganze Stimmritze durch Lähmung sich schließt, starben sehr bald an Erstickung. Bei älteren Thieren, die, wenn auch mit Athemnoth, länger leben, fallen durch diesen geöffneten Theil der Stimmritze beständig Theile der Nahrung und hinabgeschluckte Flüssigkeiten in die Luftröhre und dringen bis in die Lungen vor. Nach dem Tode findet man partielle Entzündungen und Entartungen der Lunge, eine schleimige, mit Blut und ausgeschwitzter Flüssigkeit vermischte Masse in den Luftwegen, und oft kann man nachweisen, daß diese Entzündungen offenbar von den eingedrungenen fremden Körpern herrühren und so den Tod beschleunigt haben. Allein die Thiere gehen auch zu Grunde, wenn man die Luftröhre öffnet, und durch Einführung einer nach außen hervorstehenden Röhre das Eindringen fremder Körper in die Luftwege verhindert. In diesem Falle fehlen auch die erwähnten Entzündungserscheinungen in der Lunge, und dennoch sterben die Thiere. Daraus hat man denn den Schluß ableiten wollen: der herumschweifende Nerve wirke direkt auf den Chemismus der Athmung ein. Die Versuche an Thieren, welchen man eine Magenfistel angelegt hatte, weisen aber deutlich auf die Todesursache hin. Ein Thier, dem beide herumschweifende Nerven durchschnitten sind, befindet sich ganz in derselben Lage, wie ein Thier, das weder Speise noch Trank erhält, das im eigentlichsten Sinne verhungert und verdurstet. Dieser Zustand

wird noch verschlimmert durch den Eingriff der Operation, die vermehrte Athemnoth, die Lähmung der Halstheile, und so darf es denn wohl nicht Wunder nehmen, wenn die Thiere in kurzer Frist nach dieser Operation an Krankheitserscheinungen zu Grunde gehen, die aus diesen verschiedenen Ursachen hervorgehend sich combiniren.

Während sich in dem herumschweifenden Nerven ein Beispiel darbietet, wie die mannichfachsten Funktionen verschiedener Theile, Empfindung und Bewegung in einen einzigen Stamm zusammengefaßt werden können, so zeigt im Gegentheile der Nervenapparat der Zunge, des Gaumens und Schlundkopfes eine Zersplitterung der einzelnen Funktionen, die um so lehrreicher ist, als die Funktionen selbst in hohem Grade entwickelt sind. Die Zunge ist eines der beweglichsten Organe des Körpers, die Feinheit des Gefühles in der Zungenspitze namentlich ist größer als an allen übrigen Theilen; die hinteren Theile der Zunge endlich sind der Sitz einer spezifischen Empfindung: des Geschmackes, der auch im Rachen und dem Anfange des Schlundkopfes sich verbreitet zeigt. Jede dieser Funktionen ist an einen bestimmten Nerven gebunden: die Bewegung an den Zungenfleischnerv, den letzten der Gehirnnerven; die Empfindung an einen besonderen Ast des fünften Paares oder des dreigetheilten Nerven; die Geschmacksempfindung an das neunte Nervenpaar, den Zungenschlundkopfnerven oder Glossopharyngeus. Die Durchschneidung der Zungenfleischnerven lähmt alle Bewegungen der Zunge; diese hängt schlaff aus dem Munde hervor, kommt bei jeder Kaubewegung zwischen die Zähne und wird von diesen zerfleischt, ohne daß das Thier sie zurückziehen könnte; die Verwundungen der Zunge sind deßhalb nicht minder schmerzhaft für dasselbe, jeder Nadelstich erregt Schmerz, und indem das Thier seine gelähmte Zunge zerbeißt, heult es laut vor Schmerz. Nach der Durchschneidung der Zungenäste des fünften Paares ist vollständige Unempfindlichkeit eingetreten. Man kann das sonst so empfindliche Organ mit einer glühenden Nadel durchstoßen, ohne daß die Thiere es fühlen; die Nahrungs-

mittel, welche auf der Zunge liegen, bleiben unbemerkt. Die Bewegungen der Zunge sind in voller Integrität vorhanden, ebenso die Geschmacksempfindungen. Berührung der Zunge mit bitteren Substanzen ruft die heftigsten Bewegungen des Abscheus und Ekels hervor, und dasselbe Thier, dem man die Zunge zerfleischen kann, ohne daß es Schmerz empfindet, duldet nicht die Berührung mit einem in bittere Coloquintentinktur getauchten Stäbchen. Die Durchschneidung der Zungenschlundkopfnerven endlich bedingt den Verlust des Geschmackes. Das Thier bewegt die Zunge nach wie vor, es empfindet mit derselben Schärfe jede mechanische Berührung, jeden chemischen Reiz; es frißt aber in bittere Substanzen getauchtes Fleisch, es säuft Coloquintentinktur, wie wenn man ihm reines Wasser vorgestellt hätte, während unmittelbar vor der Operation es den größten Abscheu davor zu erkennen gab.

Die verschiedenen Funktionen der Zunge: Bewegung, Gefühl und Sinnesempfindung (Geschmack) sind demnach an durchaus verschiedene Nervenstämme gewiesen, die auch in ihren Wurzeln durchaus von einander isolirt sind.

Der so eben angeführten Schlußfolgerung ist von vielen Forschern namentlich aus dem Grunde widersprochen worden, weil der Zungenschlundkopfnerve sich nur in den hinteren Theilen der Zunge, des Rachens und des Gaumens verbreite, während die Zungenspitze doch ebenfalls Geschmacksempfindung besitze, und nur Nerven vom Zungenaste des fünften Paares enthalte. Wir wollen schon zugeben, sagte man, daß der Zungenschlundkopfnerve gewisse Geschmacksarten, wie namentlich Bitterkeiten, unterscheidet; allein gewisse andere Empfindungen, sauer, salzig u. s. w. werden sicher von dem fünften Paare empfunden, und dieses hat demnach ohne Zweifel sowohl allgemeines Gefühl, als auch Antheil an der Geschmacksempfindung. Die spezifische Sinnesempfindung ist demnach an der Zunge zwischen zwei verschiedene Nerven vertheilt.

Es hängt die Entscheidung dieser Frage mehr von theoretischen, als von thatsächlichen Gesichtspunkten und namentlich

von der Art ab, wie man die Begriffe der Sinnesempfindungen überhaupt abgränzt. Wir haben oben eine Klasse von Primitivfasern als fühlende (sensible) abgeschieden, deren allgemeine Eigenschaft darin besteht, daß sie auf jede tiefer eingreifende Reizung durch Schmerz reagiren. Es wäre aber thöricht, wenn man behaupten wollte, diese sensiblen Nervenfasern seien nun durchaus einander so gleich, daß, abgesehen von der Lokalisation ihrer Thätigkeit, man keinen anderen Unterschied zwischen ihnen entdecken könnte. Das Wollustgefühl ist nicht gleich mit dem Tastgefühl der Finger; der dumpfe Schmerz, den Knochenverletzungen mit sich führen, der entmannende Schmerz, welcher Nervenwunden der Genitalien begleitet, sind nicht gleich mit dem Schmerze, den man im Zahne oder in der Wange leidet. Die Qualität der Reaktion ist mithin in jeder Nervenfaser eine eigenthümliche, und die Qualität der Empfindung, welche sie besitzt, ist nicht minder eigenthümlich. Wir werden bei genauerer Betrachtung des Tastgefühles und der Sinnesempfindungen sehen, daß auch die Qualität der Reaktion wie der Empfindung wesentlich verschieden ist in den verschiedenen Primitivfasern, und daß somit ein weiter Spielraum für Modifikation der durch sie bedingten Erscheinungen übrig bleibt.

Halten wir nun an dem Grundsatze fest, nur diejenigen Nerven spezifische Sinnesnerven zu nennen, welche auf Verletzung nicht durch Schmerz, sondern durch eine andere spezifische Empfindung reagiren, so ist der Zungenast des fünften Nervenpaares unzweifelhaft kein Sinnesnerv. Seine Durchschneidung ist äußerst schmerzhaft; seine Lähmung, die man beim Menschen schon öfter beobachtet hat, bedingt nur Aufhebung des Gefühles, nicht aber die des Geschmackes. Die anerkannten Sinnesnerven aber sind nie schmerzhaft. Man hat den Geruchsnerven, den Sehnerven, den Hörnerven unzählige Male bei Thieren durchschnitten, ohne die mindeste Schmerzesäußerung zu sehen; man hat den Sehnerven häufig bei Ausrottung des Augapfels durchschnitten und man weiß, daß die Operirten im Augenblicke der Durchschneidung ein Feuermeer zu sehen glaubten, aber keinen

Schmerz empfanden; daß bei Reizung des Nervenstumpfes beim Verbande oder durch Entzündungen Lichterscheinungen auftraten, aber keine Schmerzempfindung. Man hat noch nicht gehört, daß bei Reizungen des Zungenastes vom fünften Paare Geschmacksempfindungen als Reaktion verspürt worden wären.

Die Empfindungen des Sauren und Salzigen an der Zungenspitze können indeß in der That nicht geläugnet werden, wenn man auch gerade die Erkenntniß dieser Geschmäcke zu hoch angeschlagen hat. Es ist wahrlich unmöglich, mit geschlossenen Augen bei herausgestreckter Zungenspitze und Betupfen derselben mit Salz oder Zuckerlösung den Geschmack beider zu unterscheiden: beide erregen eine gewisse Empfindung, die man nicht genau zu bezeichnen weiß, die auch in etwas verschieden ist; aber dennoch nicht so sehr verschieden sich zeigt, als es der Geschmack der genannten Körper ist. Bedenkt man nun, daß die Zungenspitze der empfindlichste Theil des menschlichen Körpers ist, so löst sich diese Erscheinung auf die befriedigendste Weise. Das Tastgefühl unserer Finger läßt uns sehr wohl unterscheiden, ob wir in Wasser oder in Oel greifen, während uns am Rücken diese Unterscheidung unmöglich ist; Tasteindrücke, die für einen Ungeübten ununterscheidbar sind, werden von einem Geübten noch sehr wohl in ihrer Verschiedenheit aufgefaßt. Ein Blinder, welcher den fehlenden Sinn theilweise durch Uebung seines Tastsinnes zu ersetzen sucht, kann es unglaublich weit in dieser Verfeinerung seines Tastgefühles bringen. Die Zungenspitze verhält sich aber zu dem Finger, etwa wie der Finger des geübten Blinden zu demjenigen des ungeübten Sehenden. Wo unser Finger keinen Unterschied mehr tastet, da fühlt ihn die Zungenspitze noch heraus, und was wir so als Geschmacksempfindung der Zungenspitze bezeichnen, ist nur eine verfeinerte Tastempfindung, die sich aber bald mit der Geschmacksempfindung mischt und deßhalb mit derselben zusammen geworfen wird. Bei anderen Sinnen ist man schon längst über diese unwillkürlichen Verwechslungen im Klaren; Jedermann legt dem flüchtigen Salmiakgeist z. B. einen stechenden Geruch bei, während man bei

genauerer Analyse findet, daß dieses Stechen nur eine Tastempfindung ist, bedingt durch die Anätzung der Schleimhaut mittelst des kaustischen Ammoniaks. Salzige, saure Substanzen, Lösungen von verschiedenem Concentrationsgrad, die einen endosmotischen Strom auf der Zunge erregen, bedingen eine eigenthümliche Tastempfindung, die dann mit der später erfolgenden Sinnesempfindung zusammengeworfen wird. Bei der Analyse der einzelnen Sinnesempfindungen wird es nöthig sein, noch näher auf die hier berührten Punkte einzugehen.

Wir haben in den vorstehenden Zeilen die direkten Einflüsse und Reaktionen derjenigen Nerven untersucht, welche von den Centralorganen, Hirn und Rückenmark entspringen; es wird nicht unwichtig sein, auch auf einige indirekte Folgen der Aufhebung des Nerveneinflusses einzugehen, welche theilweise mit anderen Funktionen in Zusammenhang stehen.

Nach der Durchschneidung des fünften Nervenpaares, die man am besten mittelst eines eigenen Instrumentes bei Kaninchen in der Schädelhöhle vornimmt, zeigt sich die Empfindung des Antlitzes durchaus vernichtet. Das Auge, obgleich es sieht, und sich nach wie vor bewegt, ist durchaus unempfindlich gegen mechanische Reizung; man kann den Augapfel mit Nadeln stechen oder kratzen, ohne daß sich die geringste Schmerzesäußerung zeigt. Nach einiger Zeit beginnen nun Entzündungserscheinungen in dem Auge, die zuerst in der Hornhaut auftreten. Diese trübt sich mehr und mehr, die Bindehaut entzündet sich, das Auge schwillt an, wird roth, die Trübung der Hornhaut nimmt zu, sie wulstet sich auf, ein eiterndes Geschwür entsteht in ihrer Mitte, das endlich durchbricht und das Auge zerstört, indem meist die inneren Augentheile auslaufen. Aehnliche, wenn auch nicht so heftige krankhafte Erscheinungen zeigen sich in den übrigen, der Sensibilität beraubten Theilen. Die Nasenschleimhaut entzündet sich, wulstet sich auf; die Haare der Backe fallen aus; jede, selbst kleinere Verletzung bildet ein bösartiges, fressendes Geschwür; kurz der ganze Ernährungsprozeß der gelähmten Stellen scheint zu leiden.

Ist es nun erlaubt, aus diesen Erscheinungen den Schluß zu ziehen, daß die Cerebrospinalnerven überhaupt einen direkten Einfluß auf die Ernährung der Theile haben? Zur Beantwortung dieser Frage müssen wir uns noch weiter nach Thatsachen umsehen.

Die Störungen der Ernährungserscheinungen, welche man nach Durchschneidung der betreffenden Rückenmarksnerven, an gelähmten Gliedern z. B., beobachtet, sind bei weitem nicht constant genug, um irgend einen sicheren Schluß auf die Nerventhätigkeit in dieser Hinsicht zu gestatten. Zwar beobachtet man häufig an Fröschen, daß nach der Durchschneidung der Hüftnerven der gelähmte Schenkel nicht nur abmagert, sondern daß auch die Oberhaut sich abstößt, Schimmel sich auf der Oberfläche des Gliedes erzeugt, und selbst brandige Zerstörung eintritt. In anderen Fällen fehlen aber diese Erscheinungen ganz, oder stellen sich auch, je nach der Behandlung und anderen noch weniger gekannten Einflüssen, bei gesunden Fröschen ein. Säugethiere, denen man den Hüftnerven durchschnitten und so das Bein gelähmt hat, laufen sich den Fuß auf und erzeugen dadurch Geschwüre, die oft bis auf den Knochen greifen: die Haare reiben sich ab, die Nägel entarten häufig, das ganze Glied erscheint welk und abgemagert.

Aehnliche Erscheinungen hat man zuweilen auch bei gelähmten Gliedern von Menschen beobachtet. Nicht selten ist die Durchschneidung ganzer Nervenstämme bei Ausrottung von Geschwülsten unvermeidlich. Man hat in solchen Fällen an dem gelähmten Fuße Geschwürsbildungen und später zuweilen sogar Verkrümmung und Klumpfußbildung beobachtet. Auch sind die Fälle nicht selten, wo das Rückgrat gebrochen und das Rückenmark an der Bruchstelle zerquetscht wird, so daß die unteren Extremitäten in Empfindung und Bewegung gelähmt werden. Ist der Bruch tief unten geschehen, so daß die Athembewegungen nicht beeinträchtigt sind, so kann die Verletzung, der Nervenbruch, geheilt und der Kranke am Leben erhalten, nicht aber von den Folgen der Rückenmarksverletzung befreit werden.

Solche Unglückliche fühlen meist Kälte an den bewegungs- und empfindungslosen Extremitäten, wenn diese nicht sehr sorgfältig eingewickelt und künstlich gewärmt werden; die Haut wird borstig, schlaff, das bloße anhaltende Liegen auf einer und derselben Seite bedingt schon, wie jede andere noch so kleine Verletzung, bösartige fressende Geschwüre, die fast nicht zum Heilen zu bringen sind — die ganze Constitution der gelähmten Glieder hat nicht mehr die frühere Widerstandskraft gegen schädliche Einflüsse.

Es hält um so schwieriger, diese Erscheinungen genauer zu analysiren, als sie nur allmählich sich einstellen, und vielleicht mit der successiven Desorganisation der Nervenröhren selbst und anderen Nebenbedingungen zusammenhängen. Einen unmittelbaren Einfluß der Nerven auf die Ernährung beobachtet man niemals. Der Blutlauf in einem Froschschenkel ändert sich durchaus nicht nach der Durchschneidung der Hüftnerven. Man sieht weder Ausschwitzung, noch Blutstockung, noch irgend andere materielle Folgen. Wie ist es nun möglich, die genaueren Beziehungen von Erscheinungen herzustellen, die erst Wochen lang nach dem erfolgten Eingriffe auftreten, die selbst in ihrem inneren Wesen so ungemein wechseln und zu deren Auftreten die mannichfaltigsten Ursachen mitwirken können?

Dem sympathischen Nervensysteme wurde besonders von jeher der wesentlichste Einfluß auf das vegetative Leben überhaupt zugeschrieben. Hier häufen sich aber die Schwierigkeiten der experimentellen Untersuchung in weit bedeutenderem Maße, als bei den aus Hirn und Rückenmark entspringenden Nerven. Das Gewirr der Nervengeflechte, die häufige Einschaltung von Knoten und Ganglien, die Zersplitterung in feine Zweige, die nur mit größter Mühe verfolgt werden können, die tiefe Lage zwischen Eingeweiden und Blutgefäßen, die Unkenntniß des Verlaufes der einzelnen Primitivröhren: alle diese Verhältnisse zusammengenommen stellen den Versuchen an lebenden Thieren, die einzig maßgebend sein können, so bedeutende Schwierigkeiten

entgegen, daß noch jetzt dieselben nur zum geringen Theile überwunden sind.

Man hat zum Behufe genauerer Untersuchung des Verlaufes der Primitivröhren innerhalb des sympathischen Nervensystemes vorzugsweise solche Versuche an Thieren benutzt, an denen man gewisse Stränge durchschnitten hatte. Die Primitivröhren entarten nämlich nach dieser Durchschneidung. Schon nach einigen Tagen sieht man in dem Markinhalte Querlinien, die bis zur gänzlichen Gerinnung und Umwandlung in trübe Massen und schwärzliche Kügelchen fortschreiten. Noch ein Jahr lang nach der Operation findet man diese entarteten Primitivröhren, die allmählich verschwinden, während, wenn der Nerve wieder heilt, sich neue Primitivröhren bilden, die im Anfange weit schmaler und blasser sind, als die des alten Nerven. Nun hat man die Beobachtung gemacht, daß merkwürdiger Weise bei den Bewegungsnerven die Entartung in derselben Richtung fortschreitet, in welcher die Leitung in ihnen Statt findet, nämlich von dem Centrum nach der Peripherie, während in den Gefühlsnerven Leitung und Desorganisation von der Peripherie nach dem Centrum sich fortsetzen. Schneidet man die hintere Wurzel eines Rückenmarksnerven durch, so desorganisiren sich die empfindenden Hautnerven nicht, wohl aber das Stück Wurzel, welches mit dem Rückenmarke zusammenhängt. Zerstört man die vordere bewegende Wurzel, so werden alle Muskelnerven desorganisirt, während das mit dem Rückenmarke zusammenhängende Wurzelstück normal bleibt. Will man demnach den Verlauf gewisser Primitivröhren kennen lernen, so braucht man nur nach solchen Nervendurchschneidungen die entarteten Primitivröhren in entsprechender Richtung aufzusuchen. Dies hat man mit dem Gangliensysteme versucht, ist aber hier auf eine Schwierigkeit gestoßen, über welche die Beobachter sich noch nicht geeinigt haben. Nach den Einen verhalten sich die Ganglien wie Centralorgane, indem die mit den Ganglien verbunden bleibenden Nervenenden nicht entarten, während dies Schicksal die von dem Ganglion abgetrennten peripherischen Enden trifft.

Nach andern Beobachtern dagegen üben die Ganglien durchaus keinen Einfluß auf den Weg der Desorganisation aus und eweist das Fortschreiten der Desorganisation den Satz: daß alle in dem sympathischen Nervensysteme enthaltenen Primitivröhren nur von dem Centralnervensysteme entspringen. Weitere Untersuchungen werden diese Widersprüche wohl dahin lösen, daß man für jeden Knoten ein besonderes Verhalten antrifft, welches in der Struktur desselben begründet ist. Der Leser, welcher sich erinnert, daß es unipolare und bipolare Ganglienkugeln giebt, wird es wohl begreiflich finden, daß die von unipolaren Ganglien entspringenden Primitivröhren auch nur zu dem Ganglion in Beziehung stehen, während Ganglien mit bipolaren Kugeln den Zusammenhang mit dem Rückenmarke nicht unterbrechen.

Die genaue Lösung dieser Frage ist deßhalb von Wichtigkeit, weil man noch immer über die Selbstständigkeit des sympathischen Nervensystemes nicht vollständig im Klaren ist. Früher glaubte man freilich eine vollständige Verschiedenheit der Funktionen annehmen zu können. Man hielt die Organe, zu welchen sich die Nervenfasern des sympathischen Systemes begeben, für vollkommen unempfindlich. Man wußte, daß ihre Bewegung dem Willen entzogen sei, allein man vergaß, daß hinsichtlich der Empfindlichkeit nur der Grad einen Unterschied machte. Ein Stäubchen, welches zwischen den Augenliedern die heftigsten Schmerzen und Thränenfluß verursacht, erregt auf der Haut keine Empfindung. Ein leiser Eingriff auf den Darmkanal wird ebenfalls nicht empfunden, weil eben hinsichtlich des Grades der Empfindlichkeit ein ähnlicher Unterschied zwischen dem Darme und der Haut Statt findet, wie zwischen dieser und den Augenliedern. Stärkere Eingriffe und länger andauernde erregen allerdings deutliche Schmerzempfindungen in den von dem sympathischen Nervensystem versorgten Theilen, und in krankhaften Zuständen, wie z. B. in Entzündungen, können sich diese Empfindungen bis zur furchtbarsten Höhe steigern. Wenn also ein Unterschied Statt findet, so beruht er einestheils in der Be-

schaffenheit des Organes, an welchem die Nerven sich verzweigen, anderentheils in der Schnelligkeit der Leitung, die allerdings in dem sympathischen Nervensysteme nicht so groß zu sein scheint. Aehnlich verhält es sich auch mit den Bewegungen der inneren Organe. Sie sind sicher dem direkten Willen entzogen, und wenn man die zu ihnen gehenden sympathischen Nerven reizt, so folgt die Bewegung nicht augenblicklich, wie in den willkürlichen Muskeln, sondern erst nach einiger Zeit und dann auch, wie wir später sehen werden, in eigenthümlicher Weise.

Die eigenthümliche Umspinnung der Blutgefäße durch Fäden des sympathischen Nervensystemes deutet gewiß auf einen näheren Zusammenhang desselben mit der Cirkulation hin. Daß dieser Zusammenhang nicht in einer direkten Wechselwirkung zwischen Blut und Nerveninhalt bestehen könne, braucht nicht weiter bewiesen zu werden; daß der Chemismus der Ernährung und Absonderung dadurch direkt nicht betheiligt werden könne, ist ebenfalls mehr als gewiß. Man hat diesen Einfluß auf die Absonderung durch Versuche erhärten wollen, die man an den Nierenarterien anstellte. Man schnitt einem lebenden Thiere den Bauch auf, drang bis zur Nierenarterie vor und schnürte diese mittelst einer angelegten Ligatur auf das heftigste zusammen. Man suchte auf diese Weise die organischen Nerven, welche die Nierengefäße umspinnen, zu tödten, und nachdem man diesen Zweck erreicht zu haben glaubte, so löste man die Ligatur wieder, um den Blutlauf herzustellen. Andere Beobachter schnitten selbst die Arterie ganz durch und setzten eine Kanüle ein, durch welche der Blutlauf unterhalten wurde. Die Thiere überlebten die Operation nicht lange Zeit; man fand meist bei der Section die Capillaren der Nieren stark ausgedehnt, Blutstockung und selbst Erweichung im Nierengewebe; der nach der Operation gelassene Harn, wenn ja welcher noch in seltenen Fällen abgesondert wurde, war blutig und enthielt meistens Eiweiß und Hippursäure. Wenn man weiß, wie außerordentlich leicht die Urinsekretion durch äußere Einflüsse modifizirt wird; wie schnell sie durch Veränderung der Nahrung eine andere chemische Zusammensetzung

erhält und wie sehr sie deßhalb nach bedeutenden Verletzungen verändert sein muß, wo das Thier gar nicht frißt und Wundfieber hat; wenn man sich ferner erinnert, daß eine mit aller Macht zugeschnürte Ligatur, welche stark genug angezogen wurde, um die Nerven zu ertödten, auch die innere Haut der Arterie zerreißen und dadurch den Blutumlauf in derselben hindern mußte; wenn man endlich bedenkt, daß der operative Eingriff, welcher zur Anstellung des Versuches nöthig ist, stets so bedeutend war, daß er den Thieren in kurzer Zeit das Leben kostete; — wenn man all diese Umstände in Erwägung zieht, so erscheint es unbegreiflich, wie man auf solche Versuche den speziellen Schluß habe bauen können, die Nerven der Nierengefäße besäßen einen direkten Einfluß auf die Harnsekretion.

Ein indirekter Einfluß des sympathischen Nervensystemes auf die mit der Ernährung in Verbindung stehenden Prozesse kann dagegen gewiß nicht geläugnet werden, zumal da neuere Versuche einen weiteren Blick in dieses Gebiet gestatten. Schneidet man bei einem Thiere den Gränzstrang am Halse auf der einen Seite durch, so fangen augenblicklich die Schlagadern der entsprechenden Kopfhälfte stärker an zu schlagen, das Auge wird glänzender, die Wangenhaut praller, die durchsichtigen Theile röther und wärmer. Diese Wärmeerhöhung läßt sich nicht nur mit der Hand fühlen, auch das Thermometer zeigt sie an, indem es in dem äußeren Gehörgange oder der Nasenhöhle der operirten Kopfhälfte um drei oder vier Grade des 100theiligen Thermometers höher steigt, als in der anderen gesunden Hälfte. Die stürmischen Cirkulationserscheinungen verschwinden nach einiger Zeit; der Wärmeunterschied aber läßt sich selbst noch Monate lang nach der Operation wahrnehmen, und offenbar deutet er auf einen tieferen Einfluß des durchschnittenen Nerven auf die Ernährung hin, dessen genauere Analyse uns freilich vor der Hand noch entgeht.

Genauer schon sind die Einflüsse des sympathischen Nerven auf die verschiedenen unwillkürlich beweglichen Organe erforscht. Die Geflechte und Knoten, welche den unteren Theilen der

Wirbelsäule, dem Lenden- und Heiligbein entsprechen, stehen den Bewegungen des unteren Theiles des Darmes, der Harnwerkzeuge und Geschlechtstheile vor. Das Sonnengeflecht vermittelt die Zusammenziehungen des Dünndarmes; der Brusttheil des Gränzstranges und seiner Eingeweideäste diejenigen des Magens und Zwölffingerdarmes; der Halstheil übt seinen Einfluß auf das Herz, und der oberste Halsknoten noch außerdem auf die Pupille des Auges. Alle diese Ergebnisse der Untersuchung sind aber mehr oder weniger zweifelhaft und von Nebenumständen abhängig, die besonders aus der mannichfachen Verkettung der Ganglien und der Geflechte, sowie aus der Eigenthümlichkeit der Bewegungen selbst hervorgehen, indem diese nicht augenblicklich, sondern erst geraume Zeit nach der Reizung sich einstellen und oft von einem Organe zum anderen sich ohne genauer nachweisbare Ursache fortpflanzen. Die meisten Schwierigkeiten haben in dieser Beziehung die Pupille und das Herz gemacht, indem hier der Nerveneinfluß stets ein combinirter ist, der von verschiedenen Nerven abhängt.

Man kann sich durch die einfachste Beobachtung überzeugen, daß das Schwarze im Auge, das Sehloch oder die Pupille, je nach der Menge von Licht, welche in das Auge einströmt, seinen Durchmesser durch Zusammenziehung der Regenbogenhaut ändert. Bei größerer Lichtmenge zieht sich diese stärker zusammen, in der Dunkelheit dehnt sie sich weiter aus. Wir werden die Ursachen, aus denen diese Bewegungen in Folge des Lichtreizes entspringen, später untersuchen. Hier kommt es darauf an zu entscheiden, durch welche Nervenbahnen der Einfluß auf die Pupille Statt findet. Da hat es sich denn gezeigt, daß hier eine ähnliche Zersplitterung Statt findet, wie bei der Zunge, und daß die Erweiterung nicht eine passive, durch Nachlaß der Zusammenziehung bedingte sei, sondern eine aktive, durch eine andere Nervenbahn vermittelte. Die Schmerzempfindung der Regenbogenhaut bei Berührung wird durch das fünfte Nervenpaar geleitet; die Verengerung wird durch den gemeinschaftlichen Augenmuskelnerv, die Erweiterung dagegen durch den sympa-

thischen Nerven bewirkt. Diese Zersplitterung ist um so auffallender, als alle diese verschiedenen Nervenbahnen in einem einzigen Knoten, dem sogenannten Ciliarganglion, zusammen laufen, von welchem aus die Nervenäste in die Regenbogenhaut dringen. Der Ciliarknoten hat stets drei Wurzeln — vom dreigetheilten, vom Augenmuskel- und vom sympathischen Nerven je eine, und jede dieser Wurzeln hat eine durchaus verschiedene Funktion. Reizt man den Augenmuskelnerv, so zieht sich die Pupille zusammen; — schneidet man ihn durch, so ist sie in einem Zustande steter Erweiterung. Reizt man dagegen den sympathischen Nerven am Halse, so erweitert sich die Pupille augenblicklich, während sie nach Zerstörung des obersten Halsknotens in einem Zustande bleibender Verengerung sich befindet.

Schwieriger noch ist die Untersuchung der Nerveneinflüsse auf die Herzbewegung. Wir haben im ersten Briefe gesehen, wie regelmäßig in fortdauerndem Rhythmus an dem Herzen Erweiterung und Verengerung mit einander abwechseln. Durch Versuche an Thieren kann man sich leicht überzeugen, daß diese rhythmischen Bewegungen nicht von dem Zusammenhange des Herzens mit den Nerven abhängen, sondern auch dann noch fortdauern, wenn dieser Zusammenhang gänzlich aufgehoben ist. Das Herz eines Thieres klopft fort, selbst wenn man es aus dem Körper herausgeschnitten hat. Unter günstigen Umständen können an dem Herzen warmblütiger Thiere noch Stunden lang, an demjenigen kaltblütiger Thiere selbst Tage lang nach der Herausnahme Herzschläge beobachtet werden, die stets in derselben Weise, von der Vorkammer nach der Kammer zu erfolgen. Das rhythmische Spiel dieser Zusammenziehung scheint demnach eine selbstständige Quelle in dem Herzen selbst zu haben, eine Quelle unabhängig von dem mit dem Herzen in Verbindung stehenden Nerven, unabhängig von den Centralorganen, dem Hirne und dem Rückenmarke, mit welchem diese letztere in Verbindung stehen. Dies wäre wenigstens der erste Schluß, den man aus den angeführten Thatsachen herleiten könnte. Aber wir wissen aus eigener Erfahrung, daß unser Herzschlag auch

abhängig ist von den mannichfaltigsten Eindrücken, die unser centrales Nervensystem empfängt, daß es langsamer oder schneller schlägt, je nach verschiedenen Seelenstimmungen und Hirnerregungen, die ihm durch die Nerven zugeleitet werden. Die Anatomie lehrt uns, daß zwei verschiedene Nervenstämme dem Herzen Aeste zuleiten, daß die herumschweifenden Nerven mit den sympathischen Nerven Geflechte bilden, aus denen die Herznerven hervorgehen, die wieder in der Herzsubstanz selbst eine Menge von Geflechten und Knoten bilden, und namentlich in der Scheidewand des Herzens einige bedeutende Ansammlungen von Ganglien erzeugen. So entsteht denn natürlich die Frage nach den verschiedenen Wirkungen, welche diese beiden Nervenbahnen auf das Herz haben können. Der Versuch giebt hier die Antwort. Bringt man die Drähte eines Magnetelektromotors, durch welchen rasche elektrische Schläge ohne Aufhören ertheilt werden, an die Stämme der herumschweifenden Nerven, so steht der Herzschlag augenblicklich still; — das Herz selbst bleibt in der Erweiterung, in der Diastole; unterbricht man den Versuch, so fängt das Herz augenblicklich wieder an zu schlagen. Aber auch wenn man den Einfluß der Elektrizität über eine gewisse Zeit hinaus dauern läßt, so beginnt der Herzschlag ebenfalls wieder, wahrscheinlich wegen Erschöpfung der Leitungsfähigkeit. Die umgekehrte Wirkung tritt bei der Reizung des sympathischen Nerven ein; — die Herzschläge beschleunigen sich, kehren aber bei längerer Andauer des elektrischen Einflusses ebenfalls wieder auf das frühere Maaß zurück. Der herumschweifende Nerve ist demnach die Bahn, durch welche hemmende Einflüsse der Herzbewegung ihren Weg nehmen, während der sympathische Nerve die erregenden beschleunigenden Einflüsse leitet. Wem sollte es aber nicht auffallen, daß in demselben Nervenstamme, der die Beschleunigung und das krampfhafte Erzittern des Herzens bewirkt, auch diejenigen Fasern eingeschlossen sind, welche die Erweiterung der Pupille bedingen, so daß wir einen Schritt weiter gehen und vermuthen können, daß solche Erregungen des Centralnervensystemes, welche eine

Beschleunigung des Herzschlages bedingen, zugleich eine Erweiterung der Pupille und damit einen gewissen Gesichtsausdruck zur Folge haben.

Zugleich aber leiten uns diese Resultate auf eine weitere Combination. Die Herzbewegung ist ein nothwendiger Hebel des Fortbestandes des Lebens; sie mußte deßhalb in dem Organ selbst ihren Sitz und die Bedingungen ihrer Fortdauer haben. Aber zugleich ist eine gewisse Regulirung des Ganges dieser ewig arbeitenden Pumpe des vegetativen Lebens durch den Nerveneinfluß möglich und somit an gewisse Theile und Stellen des Centralnervensystemes gebunden. Reizungen des herumschweifenden Nerven, Reizungen der Hirntheile, aus welchen die entsprechenden Fasern entspringen, lähmen, hemmen unmittelbar die Herzbewegung, so daß bei heftigerer Reizung, wie durch den Magnetelektromotor, diese gänzlich stille steht. Aber dieser Stillstand kann nur eine gewisse Zeit andauern; hielte die Reizung und ihr lähmender Einfluß auch länger an, so würde dennoch der im Herzen selbst liegende Impuls ihn überwinden, das Herz wieder zu klopfen, das Leben wieder zu erwachen beginnen. Der gleiche Fall tritt ein bei Reizungen des sympathischen Nerven und der entsprechenden Hirntheile. Die stürmische Erregung des Herzschlages, die eine Folge dieser Reize ist, muß nach einiger Zeit, auch bei Fortdauer der Reizung, wieder der normalen Thätigkeit Platz machen. So ist denn eine gewisse Abhängigkeit in der Unabhängigkeit hergestellt und der Nerveneinfluß nur so weit gestattet, als er unmittelbar dem vegetativen Leben keinen Eintrag thut.

Zwölfter Brief.

Die Centraltheile des Nervensystemes.

Die Funktionen des Gehirnes und Rückenmarkes können unter zwei besondere Kategorien vertheilt werden. Eines Theils sind diese Organe der Sammelplatz sämmtlicher Primitivröhren, welche durch die einzelnen Nervenstämme in den Körper ausstrahlen; andern Theils aber zeigt schon die anatomische Betrachtung, daß noch andere Elemente zu diesen Primitivröhren der Nerven kommen, welchen verschiedene Funktionen zustehen müssen. Es giebt so Eigenschaften und Funktionen, welche dem Centralnervensystem als Sammelplatz der Sinnesnerven, der bewegenden und fühlenden Nervenfasern angehören — es giebt eine andere Klasse von Funktionen, welche in nicht so unmittelbarer Beziehung zu den Nerven stehen.

Eine jede Verletzung des Rückenmarkes, welche durchgreift, so daß die Continuität desselben gänzlich aufgehoben ist, hat auch eine vollkommene Vernichtung der willkürlichen Bewegungen und der Empfindungen in denjenigen Theilen zur Folge, welche von Nerven versorgt werden, die unterhalb der Verletzungsstelle abgehen. Ein Bruch der Wirbelsäule in der Mitte des Rückens z. B., bei welchem das Rückenmark gänzlich verquetscht ist, läßt sich leicht an der vollständigen Empfindungs- und Bewegungslosigkeit der Beine erkennen, von deren Existenz selbst der Verwundete kein Bewußtsein mehr hat, während die Arme, der obere Theil der Brust, deren Nerven oberhalb der Bruchstelle

abgehen, durchaus eben so empfindlich und beweglich geblieben sind, als sie vorher waren. In dieser Beziehung ist das Rückenmark demnach nur ein großer Nervenstamm, der alle sensibeln und bewegenden Primitivröhren in sich vereinigt, und die Erfahrung zeigt sogar, daß in seinem Inneren die einzelnen Röhren hinsichtlich ihrer bewegenden oder fühlenden Funktion noch eben so isolirt sind, als in den Nerven selbst. Schneidet man nämlich das Rückenmark durch, so zeigt sich, wie schon früher bemerkt, eine eigenthümliche anatomische Struktur desselben. Die weiße Substanz bildet die äußeren Rindenschichten; während die graue Substanz in der Mitte aufgehäuft ist und nach oben wie unten zwei Schenkel aussendet, so daß ein solcher Durchschnitt die graue Substanz etwa wie ein liegendes Kreuz erscheinen läßt. Ein senkrechter Spalt dringt von dem Rücken her in die Mittellinie ein zwischen die beiden oberen Schenkel des liegenden Kreuzes, und theilt auf diese Weise die an der Rückenseite aufgehäufte weiße Masse in zwei Hälften; ein ähnlicher Spalt findet sich auf der Bauchfläche des Rückenmarkes zwischen den beiden unteren Schenkeln der grauen Substanz. So ist der Zusammenhang zwischen der weißen Substanz beider Seiten, links und rechts, fast gänzlich durch diese Spalten aufgehoben und es ist beinahe nur die graue, im Centrum angehäufte Substanz, welche den Zusammenhang der beiden seitlichen Hälften des Rückenmarkes vermittelt.

Betrachtet man nun das Verhältniß der austretenden Nervenwurzeln zu diesen Abtheilungen des Rückenmarkes, welche sich der ganzen Länge nach fortsetzen, so erkennt man, daß die vorderen Wurzeln mit den vorderen Schenkeln der grauen Substanz, die hinteren, mit einem Ganglion versehenen, mit den hinteren Schenkeln des grauen Kreuzes zusammenhängen, daß sie aber diese erst erreichen, nachdem sie in schiefer Richtung die weiße Substanz, welche überall die äußere ist, durchsetzt haben. Man kann demnach eben so wohl, wie man vordere und hintere Nervenwurzeln unterscheidet, auch in dem Rückenmark nach einer durch seine Axe gelegten Vertikalebene (wenn man den Menschen

aufrecht stehend sich denkt) eine vordere und hintere Hälfte unterscheiden, und man findet dann leicht durch sorgfältige Experimente, daß dieselbe funktionelle Trennung, welche in den Nervenwurzeln sich zeigt, auch in den entsprechenden Hälften des Rückenmarkes sich fortpflanzt, und daß die vordere oder Bauchhälfte desselben durchaus nur motorisch, die hintere oder Rückenseite nur empfindend ist. Ich habe die auf diesen Satz bezüglichen Experimente sehr häufig anstellen und wiederholen sehen, und ich kann wahrlich sagen, daß kein Satz in der ganzen Nervenphysiologie mir klarer durch Thatsachen bewiesen scheint, als gerade dieser. Man sticht ein spitzes, dünnes zweischneidiges Messerchen, es genau horizontal haltend, quer durch das blosgelegte Rückenmark eines Hundes, der auf dem Bauche liegt; bewegt man nun das Messer nach unten, die dort befindliche vordere Rückenmarkshälfte durchschneidend, so treten successive Zuckungen, und nach gänzlicher Durchschneidung des Rückenmarkes vollständige Bewegungslosigkeit der hinteren Extremitäten ein, ohne daß der Hund das geringste Zeichen von Schmerz gäbe. Kneipt man die Extremität nach vollendeter Durchschneidung der vorderen Rückenmarkshälfte, so schreit der Hund auf und giebt eben so lebhafte Schmerzensäußerungen, als vor der Durchschneidung.

Hebt man dagegen das Messerchen, statt es zu senken, und schneidet man die obere Rückenmarkshälfte von innen aus nach oben gegen den Rücken hin allmählich durch, so giebt das Thier anfangs, wenn man noch kaum über die Mittellinie gekommen ist, keine Schmerzensäußerung. Sobald aber das Messer in der Höhe ankommt, wo die beiden schiefen Schenkel von der grauen Centralmasse abgehen, so schreit das Thier erbärmlich und hört nicht eher auf, als bis die ganze hintere Hälfte des Markes vollständig getrennt ist. Bei einiger Aufmerksamkeit auf den Zug und die Haltung des Messers bemerkt man sogar, daß die weiße Substanz, welche die oberen grauen Schenkel umhüllt, fast gänzlich unempfindlich ist, und daß die lebhaften Schmerzensäußerungen erst dann beginnen, wenn das Messer in den grauen Schenkel selbst eindringt. Bei schiefer Richtung des Messers

kann man auf diese Weise sämmtliche, unterhalb der beiden hinteren, dem Rücken zugewandten Schenkel der grauen Substanz gelegene Masse durchschneiden, ohne daß Schmerzensäußerungen sich zeigen.

Je weiter nach oben man das Rückenmark zerstört und seinen Zusammenhang mit dem Gehirn aufhebt, desto mehr Theile des Körpers werden gelähmt und desto störender für die nothwendigen Funktionen des Körpers werden diese Lähmungen, da die Muskeln des Stammes, des Bauches sowohl als noch mehr die der Brust, einen wesentlichen Antheil an den Respirationsbewegungen haben. Wird das Rückenmark endlich in der Nähe des verlängerten Markes, an der oberen Gränze der Halsnerven durchschnitten, so sind alle Brustmuskeln, das Zwerchfell und der größte Theil der Halsmuskeln gelähmt. Trotz dieser Lähmung aber dauert das Spiel der Athemzüge noch fort in den oberen Theilen des Halses und im Gesichte. Die Nasenlöcher werden abwechselnd weit geöffnet und geschlossen; die Kiefer klappen zusammen in regelmäßigen Intervallen, das Thier schnappt förmlich nach Luft, etwa wie wenn ihm der untere Theil der Luftröhre zugeschnürt wäre. Man hat Beispiele an Gehängten beobachtet, und ich selbst bin Zeuge gewesen, daß ein Selbstmörder, statt die Luftröhre sich zuzuschnüren, die Schlinge nur an dem Kinne angelegt hatte, so daß er beim Herabspringen vom Stuhle, auf den er sich gestellt, das Kinn sich gewaltsam in die Höhe zog und den Nacken einknickte. Die Wirbelsäule war auf diese Weise zwischen dem ersten und zweiten Halswirbel verrenkt und das Rückenmark dort zerquetscht worden. Der Kopf des Unglücklichen lebte und athmete noch mehrere Stunden fort, und die Anstrengungen, die er machte, zeigten, daß das Athembedürfniß noch vorhanden war, aber durch ein unübersteigliches Hinderniß nicht befriedigt werden konnte.

Die Herzbewegungen nehmen in gleichem Maße an Intensität und an Zahl ab, wie die Athembewegungen durch das Zerstören des Rückenmarkes schwächer und unvollständiger werden. Bei dem engen Zusammenhange, in welchem Herzschlag und

Athmung zu einander stehen, kann dies Verhältniß nicht befremden. Daß die Verlangsamung des Herzschlages in der That großen Theils von dieser Connexion herrühre, beweist der Umstand, daß bei Einleitung der künstlichen Respiration mittelst eines doppelten Blasebalges der Herzschlag wieder bedeutend sich hebt und sehr lange noch erhalten werden kann. Es scheint indeß, als ob diese Verlangsamung des Herzschlages nicht einzig von derjenigen der Athmung abhinge. Denn beim Reizen des blosgelegten Rückenmarkes erhält man zuweilen eine Beschleunigung des Herzschlages, ohne daß dieselbe mit dem Athmen zusammenhinge, und es scheint demnach, als ob das Rückenmark auch einigen, wenn auch unbedeutenden direkten Einfluß auf das Herz habe. Jedenfalls ist dieser Einfluß bei den höher stehenden Thieren bedeutender, als z. B. bei Fröschen, welche man nach vollständiger Zerstörung des Rückenmarkes Monate lang am Leben erhalten kann, während welcher Zeit der Blutlauf und der Herzschlag durchaus unverändert bleiben.

An dem verlängerten Marke finden sich dieselben Erscheinungen wieder, wie an dem Rückenmarke, allein außerdem findet sich hier eine nicht sehr umfangreiche Stelle, von deren Erhaltung das Athembedürfniß und mithin das Leben des Thieres abhängt. Wir haben eben gesehen, daß ersteres vollständig bestehen bleibt, wie hoch oben man auch das Rückenmark am Halse zerstören möge; es ist nicht minder leicht nachzuweisen, daß die Abtragung sämmtlicher Hirntheile, welche vor dieser Stelle liegen, nur einzelne Theile am Kopfe lähmt, die an der Respiration Antheil nehmen, während die Athembewegungen des Halses und Rumpfes ungestört fortdauern. Man kann so durch schrittweises Abtragen der Centralorgane von vorn nach hinten oder von hinten nach vorn bis zu einem kleinen Punkte vorrücken, welcher die Bedingung des Athmens in sich trägt. Führt man einen Schnitt quer vor dem verlängerten Mark so durch, daß dieser Punkt mit dem Rückenmarke zusammenhängt, so spielen die respiratorischen Muskeln des Stammes; im entgegengesetzten Falle diejenigen des Kopfes. Die Zerstörung dieses kleinen

Punktes, der bei Kaninchen z. B. eine Länge von höchstens drei Linien besitzt, hat, so wie bei keinem andern Theile des Centralnervensystemes, den unmittelbaren Tod zur Folge. Das Thier stürzt wie vom Blitze getroffen zusammen, und es zeigt sich keine Spur mehr von Athembewegung. Es ist dieser Punkt, den man zu erreichen sucht, wenn man einem Thiere den Genickfang giebt. Merkwürdiger Weise behält dieser für das Leben so wichtige Theil, dessen Zerstörung mit solcher Schnelligkeit das Leben endet, auch am längsten seine Erregbarkeit, so daß man durch seine Reizung oft noch Athembewegungen erzielen kann, wenn die übrigen Centraltheile keine Bewegung mehr hervorzurufen im Stande sind.

In derselben Gegend des verlängerten Markes, in welcher die Centralstelle der Athmung sich findet, liegt auch diejenige des Herzschlages, und beide Stellen sind so eng verbunden, daß man sie bei den Versuchen an lebenden Thieren bis jetzt noch nicht zu trennen vermochte, obgleich andere Erfahrungen nachweisen, daß beide in gewisser Beziehung unabhängig sind. Bringt man die Drähte eines Magnetelektromotors an das verlängerte Mark, so steht der Herzschlag augenblicklich still. Man beobachtet dieselbe Wirkung, wie bei der gleichartigen Erregung des herumschweifenden Nerven. Anlegen der Drähte weiter nach unten hin an dem oberen Theile des Rückenmarks beschleunigt dagegen den Herzschlag. So begreift es sich denn, daß die Trennung des verlängerten Markes durch den Genickfang, indem sie gleichzeitig Athmung und Herzschlag aufhebt, den unmittelbaren Tod zur Folge haben muß.

Es hält schwer, bei den so schnellen tödtlichen Wirkungen einer Verletzung des verlängerten Markes, die Beziehung desselben zu den empfindenden und bewegenden Nervenfasern zu bestimmen; es scheint indeß, als ob auch hier die vorderen Stränge hauptsächlich der Bewegung bestimmt und die hinteren vorzugsweise empfindlich seien. Ein anatomisches Verhältniß des vorderen Theiles des verlängerten Markes verdient indessen noch eine besondere Erwähnung. Die Fasern der weißen Substanz

kreuzen sich nämlich hier in der Art, daß diejenigen Primitiv-röhren, welche im Rückenmarke und dem verlängerten Marke auf der linken Seite verliefen, nun nach rechts hinübergehen, während die von der rechten Seite nach links überschlagen. Aus dieser Kreuzung der Nervenfasern folgt dann das merkwürdige Verhältniß, daß Verletzungen des Gehirnes, wobei empfindende oder bewegende Fasern zerstört werden, stets von Lähmungen der entgegengesetzten Seite im Körper gefolgt werden, während wie natürlich die Lähmungen in denjenigen Theilen, deren Nerven direkt vom Gehirne ausgehen, auf der Seite der Verletzung auftreten. Man hat nicht so ganz selten Gelegenheit, Menschen zu beobachten, bei welchen die linke Gesichtshälfte gelähmt ist, so daß das linke Augenlied nicht gehoben werden kann, der Mund nach rechts verzogen wird, und wo zugleich der rechte Arm und der rechte Fuß bewegungslos und dem Einflusse des Willens entzogen sind. Solche Erscheinungen beweisen Aufhebung der Thätigkeit des Antlitznerven der linken Seite, Lähmung der Körpernerven auf der rechten Seite : sie führen dadurch auf die nothwendige Folge, daß eine Verletzung des Gehirnes auf der linken Seite vorhanden ist, welche, vermöge der im verlängerten Marke Statt findenden Kreuzung, die rechte Körperseite gelähmt hat. Diese Kreuzung ist, wie man sich leicht denken kann, von der größten Wichtigkeit für den Arzt, da er ohne ihre spezielle Kenntniß stets den Sitz einer im Gehirne sich entwickelnden Krankheit verkennen würde. Blutansammlungen in Folge von Schlagflüssen, Eiterbälge, Geschwülste im Gehirne verrathen ihren Sitz meist nur durch solche gekreuzte Lähmungen, und wenn auch in den meisten Fällen die örtliche Behandlung nur wenigen Einfluß üben kann, so giebt es dennoch einzelne Krankheiten, in welchen es von der höchsten Wichtigkeit für das Leben des Kranken sein muß, den genaueren Sitz des Uebels zu erkennen. Gar oft können oberflächliche Eiter- oder Blutansammlungen, welche das Gehirn zusammendrücken, durch die Trepanation entleert und dadurch der Kranke oder Verwundete geheilt werden.

Die verschiedenen Theile des Gehirnes zeigen sich in ihrem Verhalten zu den Empfindungen und Bewegungen sehr verschieden. Ehe noch die Versuche an lebenden Thieren über diese Verhältnisse aufgeklärt hatten, war es den älteren Chirurgen schon aufgefallen, daß man bei durchdringenden Kopfwunden, wo die Hemisphären des großen Gehirnes blosgelegt waren, letzteres berühren, ja sogar Stücke davon wegnehmen konnte, ohne daß der geringste Schmerz empfunden wurde. Man konnte diese Erscheinungen nicht durch die öfter eintretende Besinnungslosigkeit erklären, da viele Verwundete das Bewußtsein gar nicht verloren und recht gut empfanden, wenn man die Haut ihres Kopfes berührte, während die Verletzung oder Reizung ihres großen Gehirnes durchaus nicht zu dem Bewußtsein gelangte. Die Experimentalphysiologie hat diese Beziehungen in so weit aufgeklärt, daß wir ziemlich bestimmt von den gröberen anatomischen Theilen angeben können, welche derselben unempfindlich, welche dagegen empfindlich sind, und es stellt sich hier als allgemeines Gesetz heraus: daß der Hirnstamm in seinem ganzen Verlaufe empfindlich, sämmtliche Gewölbtheile aber unempfindlich sind. Die Hemisphären des großen Gehirnes, die sämmtlichen über den großen Hirnhöhlen gelegenen Theile, die Gewölbtheile der Vierhügel über dem Kanale derselben, die Gewölbtheile des kleinen Gehirnes erscheinen alle durchaus unempfindlich; man kann sie bei lebenden Thieren, deren Schädel man geöffnet hat, auf die grausamste Weise zerfleischen, ohne die geringste Schmerzensäußerung hervorzurufen. Dagegen sind die zum Hirnstamme gehörigen Ausstrahlungen, welche nach dem kleinen Gehirne, den Vierhügeln und dem großen Gehirne gehen und die man mit dem allgemeinen Namen der Hirnschenkel belegt, die Sehhügel und die hinteren Theile der gestreiften Körper, die einzelnen grauen Knoten, die man in dem hinteren Theile des Hirnstammes findet, alle im höchsten Grade empfindlich, und die Thiere stoßen bei ihrer Berührung die jämmerlichsten Schreie aus.

Es bestätigen diese von allen Forschern in übereinstimmender Weise gewonnenen Resultate die anatomische Annahme : daß die einzelnen Primitivröhren der peripherischen Nerven aus den grauen Knoten des Hirnstammes entspringen, und daß die Nervenmasse, welche die Gewölbtheile bildet, in keinem direkten Zusammenhange mit den peripherischen Nerven steht. Wir haben in dem vorigen Briefe gesehen, daß der allgemeine Charakter aller Nervenprimitivröhren darin besteht, daß ihre Funktion in ihrem ganzen Verlaufe gleichartig ist; wollte man annehmen, daß die sensiblen Primitivröhren bis in die Gewölbtheile des Gehirnes gelangen, so wäre damit auch nothwendig der Schluß gesetzt, daß sie dort ihre Funktion ändern und einen andern Charakter annehmen müssen. Man könnte nicht behaupten, daß diese Funktion mit dem Eintreten der Primitivröhren in das centrale Nervensystem geändert werde; denn das Experiment weist nach, daß im ganzen Rückenmarke, im ganzen Hirnstamme eine solche Veränderung ihrer Funktion nicht existirt, sondern daß diese im Gegentheil wohl erhalten bleibt; diese Veränderung der Funktion müßte erst bei dem Eintritte in die Gewölbtheile entstehen. Eine solche Annahme hat nicht nur keinen vernünftigen Grund für sich, sondern auch das Ergebniß der anatomischen Untersuchung gegen sich, wonach die Wurzelfasern der peripherischen Nerven sich nicht weiter, als bis in die grauen Kerne des Hirnstammes verfolgen lassen.

In diesem eigenthümlichen Verhältniß der leitenden Nervenröhren zu den Centralorganen liegt der Grund einer eigenthümlichen Täuschung, welcher wir namentlich bei den Tast- und Schmerzensempfindungen unterworfen sind. Die Erregung, welche durch irgend einen Anstoß dem peripherischen Ende einer nach dem Centralorgane leitenden Nervenfaser mitgetheilt wird, leitet sich in dieser bis zu dem Gehirne fort und wird dort von dem Bewußtsein als lokal beschränkte Empfindung aufgefaßt. Gewisse Fasern im Gehirne müssen demnach stets einer gewissen Lokalität an der Peripherie entsprechen, ihre Erregung, mag dieselbe nun von außen her mitgetheilt, oder durch irgend eine innere Ursache

erzeugt werden, muß in dem Bewußtsein sich in Gestalt einer lokal beschränkten peripherischen Empfindung reflektiren. Hieraus folgt denn, daß auch diejenigen Einwirkungen, welche eine centripetal leitende Nervenfaser nicht an ihrem peripherischen Ende, sondern an irgend einer beliebigen Stelle ihres Laufes treffen, von der dadurch erregten Hirnfaser als Empfindung des peripherischen Endes aufgefaßt werden, wodurch eine wahrhafte Sinnestäuschung entsteht. Man erlaube mir einen Vergleich. Es existiren zwei Telegraphenbureaus, von denen das eine A das peripherische Ende, das andere B das Centralorgan, der dazwischen ausgespannte Draht den leitenden Nerven darstellt. Jeder elektrische Strom, der sich in der Richtung von A nach B bewegt, wird von dem Telegraphisten in B als von dem peripherischen Ende in A kommend aufgefaßt werden, und wenn ohne sein Wissen in der Mitte des Drahtes ein Strom erzeugt, ein neues Bureau errichtet wird, so wird er dessen Mittheilung als von B kommend auffassen müssen. Ganz das Aehnliche findet bei der Auffassung der Empfindung in dem Gehirne Statt, nur daß hier die durch die Organisation selbst bedingte Auffassung so übermächtig ist, daß die Täuschung selbst im Widerstreite mit dem allgemeinen Bewußtsein, das aus vielen anderen Sinnesempfindungen hervorgeht, dennoch ihre Geltung behauptet. Man glaubte früher, daß diese Auffassung in einer eigenthümlichen Struktur der Nerven-Primitivröhren beruhe, weßhalb man es als das Gesetz der peripherischen Reaktion bezeichnete; man hat aber jetzt, bei genauerer Untersuchung, diese Uebertragung der Reizung, welche eine Primitivfaser irgendwo in ihrem Laufe trifft, auf ihr peripherisches Ende, dem Centralorgane vindiciren müssen.

Es ist dies Gesetz für die Beurtheilung der Schmerzen namentlich, welche in peripherischen Organen auftreten, von der höchsten Wichtigkeit. Jedermann weiß schon aus seiner eigenen Erfahrung, daß ein Stoß auf den Ellenbogen an dem Orte, wo der Stamm des Ellenbogennerven über den Knochen läuft, eine äußerst schmerzhafte Empfindung in den äußeren Theilen der

Hand, dem Ringfinger und kleinen Finger erregt, daß unleidliches Prickeln, Ameisenlaufen und ähnliche Erscheinungen in der Hand und dem Vorderarme einer solchen Verletzung folgen. Ist ja doch diese Erfahrung so häufig, daß man im gemeinen Leben diese Stelle mit dem Namen des „Hochzeitsknöchelchens“ belegt! Es kann hier Jeder das Gesetz der peripherischen Reaktion der Nerven ohne weiteren Schaden durch das Experiment prüfen. In ungemein vielen ähnlichen Fällen überzeugt man sich von der durchgreifenden Gültigkeit dieses Gesetzes. Bei einer Amputation des Oberschenkels z. B. fühlt der Kranke den Schmerz des Hautschnittes genau an der richtigen Stelle; es werden hier die peripherischen Enden der Hautnerven durchschnitten. Im Momente aber, wo das Messer den Schenkelnerven trennt, glaubt der Verwundete einen heftigen Schmerz in den Zehen, dem Fuße, der Wade zu empfinden, und diese Empfindung ist so gewaltig, ihre Oertlichkeit so unmittelbar angegeben, daß sie über das Bewußtsein des Kranken vollkommen obsiegt. Dieser, der sehr gut weiß, daß man ihm den Nerven des Oberschenkels durchschneidet und nicht den Fuß brennt, empfindet doch im Momente der Durchschneidung einen augenblicklichen Schmerz, wie wenn man ihm den Fuß mit einem glühenden Eisen durchstäche.

Von Seiten des Arztes gehört die größte Vorsicht dazu, um gehörig bestimmen zu können, wo die erregende Ursache eines Schmerzes zu finden sei, der in einem peripherischen Organe auftritt. Der Laie wundert sich oft, warum bei einem bestimmt umschriebenen Schmerze das scheinbar kranke Organ durchaus unberücksichtigt gelassen wird und die Wirkungen der Ableitungsmittel auf ganz andere Punkte gerichtet werden, die ihm vollkommen gesund erscheinen. Die medizinischen Annalen sind mit Beobachtungen von den grausamsten Behandlungsfehlern erfüllt, welche in der Nichtbeachtung dieses einfachen Gesetzes ihren Grund haben, und um zu beweisen, wie leicht der Irrthum und wie fruchtlos die Behandlung ist, die auf dies Gesetz nicht Acht hat, möge folgender, aus den Annalen der englischen Chirurgie entnommener Fall genügen. Ein junges Mädchen leidet an den

heftigsten Schmerzen im Knie, die keiner örtlichen Behandlung weichen wollen. Das Knie selbst erscheint vollkommen gesund; der Nervenschmerz ist aber so heftig, daß nach einigen Jahren einer durch ihn verbitterten Existenz die Kranke flehentlich um Ablösung des Fußes bittet. Das Bein wird über dem Knie amputirt, aber durchaus ohne allen Erfolg, die Schmerzen wurden nach wie vor in dem jetzt entfernten Knie empfunden. Man amputirt den Schenkel zum zweiten Male höher oben — die Schmerzen bleiben. Die Kranke wird einer dritten Operation unterworfen, in welcher man den Oberschenkel aus der Pfanne des Hüftgelenkes ausschneidet — der Erfolg ist nicht glänzender. Die Gemarterte stirbt endlich und bei der Sektion zeigen sich einige knöcherne Plättchen in den Durchgangslöchern der Nerven, wodurch die Wurzeln derselben gereizt wurden. Hier war also der Reiz in der Nähe des Ursprunges der Nerven; seine Folge, der Schmerz, trat in dem peripherischen Verbreitungsbezirk des Nerven am Knie auf, und alle örtliche Behandlung des schmerzenden Theiles, ja selbst seine Entfernung, konnte natürlicher Weise keinen Erfolg haben.

Aus dem hier angeführten Falle schon geht hervor, daß man sogar Schmerzen in Gliedern fühlen kann, welche verloren gegangen sind, eben weil die verstümmelten Nerven stets noch die Reize, von welchen sie betroffen werden, auf die ihnen fehlende peripherische Endigung übertragen. Aus diesem Gefühle geht dann die Erscheinung hervor, daß Amputirte, so lange sie leben, stets das Gefühl der Extremität haben, die ihnen fehlt, und selbst 20 und 30 Jahre nach der Operation, nachdem sie sich längst an den Verlust des Gliedes gewöhnt haben, diejenigen Gefühle, welche den Stumpf betreffen, auf das verlorene Glied übertragen. Entzündungen, Verletzungen des Stumpfes werden in dem Fuße oder der Hand schmerzhaft empfunden, und selbst ganz gesunde Leute können trotz der handgreiflichen Ueberzeugung sich dieser Integrirung ihres fehlenden Gliedes nicht entschlagen und begehen in unbewachten Augenblicken Handlungen, welche darauf hindeuten, daß sie sich noch im Besitze ihrer Ex-

tremität fühlen. Sie bedecken sorgfältig im Bette den Ort, wo der fehlende Fuß liegen würde; springen, plötzlich aufgeschreckt, in die Höhe, als könnten sie auf beide Beine sich stützen, und fallen dann zur Erde nieder; greifen mit dem Stumpfe des Armes nach Gegenständen, als ob sie dieselben mit der fehlenden Hand fassen wollten, und ähnliche Erscheinungen mehr. Wie sehr diese Integritätsgefühle der Amputirten in der Organisation der Nerven begründet sind, beweisen auch die Träume solcher Verstümmelten. Anfangs, in den ersten Jahren nach der Operation, träumen sich die Individuen durchaus gesund, unverletzt; Leute, welche das Bein verloren haben, gehen in ihren Träumen auf zwei gesunden Beinen einher. Allmählich aber mischt sich das Bewußtsein der Verstümmelung in die Traumvorstellungen: der Mensch besitzt zwar seinen Arm, sein Bein noch, aber er kann sich ihrer nicht bedienen und schleppt das Glied als unnütze Last mit sich. Es mag wohl wenige Invaliden geben, die alt genug werden, um sich so verstümmelt zu träumen, als sie wirklich sind; aber auch in diesem Falle, wo bei den subjektiven Vorstellungen die Erinnerung an ihr früher besessenes Gut verloren gegangen ist, selbst in diesen Fällen tritt bei objektiven Verletzungen des Stumpfes das Integritätsgefühl hervor und der Invalide, der sich auf Krücken träumte, fühlt bei Entzündung des Stumpfes Schmerzen in den peripherischen Theilen seines verstümmelten Gliedes.

Die neuere Chirurgie, welche sich theilweise zur Aufgabe gesetzt hat, verlorene Theile zu ersetzen, hat schon manche merkwürdige Resultate in Hinsicht der Lokalisation der Empfindungen geliefert. Verloren gegangene Nasen werden nach den neueren Operationsmethoden in der Weise ersetzt, daß man auf der Stirn ein dreieckiges Stück Haut ausschneidet, welches nur an der Nasenwurzel durch eine Brücke mit der übrigen Haut in Zusammenhang bleibt. Den auf diese Weise gebildeten Lappen dreht man um und heftet ihn an die wundgeschnittenen Ränder der zerstörten Nase an. Die neue Nase ist demnach aus der Stirnhaut gebildet und fühlt sich als Stirnhaut so lange, als die Brücke noch be-

steht, welche man an der Nasenwurzel zu dem Endzwecke gelassen hatte, um die Ernährung des Lappens zu unterhalten. Diese Brücke wird durchschnitten, sobald der Lappen auf den Seiten angeheilt ist und seine Ernährung von der Wange aus geschehen kann. Unmittelbar nach dieser Durchschneidung ist der Lappen durchaus gefühllos; nach einiger Zeit aber stellt sich allmählich mehr und mehr die Empfindung wieder her, und in den meisten Fällen fühlt sich der Lappen dann nicht mehr als Stirn, sondern eben als Nase. Es giebt indessen auch Fälle, und man hat vergessen, auf diese Gewicht zu legen, in welchen die neue Nase stets ein mehr oder minder dumpfes Gefühl hat, wie wenn sie noch in der Stirn läge. Bei einem Operirten, dessen Brücke seit neun Wochen durchschnitten war, hatte sich dies Gefühl auf der einen Seite der neuen Nase sehr deutlich erhalten. Einige dort befindliche Erhabenheiten wurden mit Kantharidensalbe betupft, und jedesmal klagte der Kranke über Schmerz, deutlichen Schmerz an derjenigen Stirnstelle, wo früher der betupfte Ort sich befand.

Hier hängt es offenbar von dem centralen Punkte ab, welchen die neugebildeten Nervenfasern erreichen, ob die Empfindung auf die Stirne oder auf die Nase lokalisirt wird. Der von der Stirne auf die Nase verpflanzte Hautlappen fühlt sich als Stirn, so lange seine Nervenverbindung mittelst der Brücke an der Nasenwurzel noch existirt. Er ist gefühllos nach deren Durchschneidung, weil alle seine Nerven durchschnitten sind. Bilden sich neue Nervenfasern in ihm, welche mit den Nervenstämmen der Wange und durch diese mit den Lokalfasern der Wange im Gehirn, wenn ich mich so ausdrücken darf, in Verbindung treten, so fühlt der Hautlappen sich als Nase; tritt aber die Vereinigung der neugebildeten Nervenröhren so ein, daß die Fasern der Stirnnerven die Leitung übernehmen, so wird der Hautlappen sich als Stirne fühlen. Wir kommen somit durch alle diese Untersuchungen nothwendig zu dem Schlusse, daß in dem Bereiche des empfindenden Nervenapparates sich drei verschiedene Gruppen von Fasern befinden: die einen, welche

die Leitung von der Peripherie her vermitteln; die anderen, welche innerhalb des Centralorganes die lokale Empfindung erzeugen; die dritten endlich, welche in dem allgemeinen Bewußtsein diese lokale Empfindung verarbeiten. Jede dieser Nervengruppen, für sich angeregt, mag die ihnen entsprechende Empfindung erzeugen, und manche Krankheitserscheinungen können hierin ihre Erklärung finden. Die herumziehenden Schmerzen der Hysterischen und Hypochonder, die beständig den Ort wechseln, ohne daß eine lokale Veränderung vorhanden sei, beruhen sicherlich auf krankhaften Erregungen der empfindenden Nervengruppen, die in dem Centralorgane Statt finden.

Die Resultate der Versuche hinsichtlich der Bewegung sind nicht so genau und überzeugend, als diejenigen, welche sich auf die Sensibilität beziehen. Es sind hier zwei Reihen von Thatsachen wohl zu unterscheiden, welche man wohl mit den Namen der direkten und indirekten Lähmung bezeichnen könnte. Während die Beobachter einzig nur der letzteren ihre Aufmerksamkeit zuneigten, vernachläßigten sie die Erscheinungen der ersteren durchaus. Ich will mich deutlicher ausdrücken. Wenn man eine motorische Primitivröhre reizt, so ziehen sich diejenigen Muskeln zusammen, zu welchen sie sich begiebt. Reizt man einen Theil des Rückenmarkes, den man isolirt hat, um den später zu besprechenden mitgetheilten Bewegungen zu entgehen, so bewegen sich die Muskeln, zu welchen die gereizten Nervenfasern gehen. Zerstört man die Nervenfasern, so hört die Bewegung auf. Dies ist eine direkte Reizung, eine direkte Lähmung, bedingt gleichsam durch Zerstörung der Brücke, auf welcher die Reaktion gegen den Reiz fortschreiten muß.

Das Centralnervensystem besitzt aber, wie wir im Verlaufe dieser Untersuchungen sehen werden, besondere Eigenschaften, wodurch die Nervenkraft erhalten, die Empfindungen dem Bewußtsein zugeführt, die Bewegungen dem Willen unterworfen werden. Werden die Theile, welchen diese Eigenschaften zukommen, verletzt, so hören auch die Funktionen auf. Werden diejenigen Theile verletzt, welche dem Bewegungswillen (wenn es erlaubt

ist, sich so auszudrücken) und der Ueberleitung des Willens zu den bewegenden Primitivröhren vorstehen, so können die Bewegungen zwar noch durch direkte Reize hervorgerufen werden, nicht aber mehr durch den Willen des Individuums, für welches diese indirekte Lähmung eben so vollkommen ist, als diejenige, welche durch direkte Zerstörung der bewegenden Nervenprimitivröhren hervorgebracht ist. Der Einfluß der Centraltheile des Nervensystemes nach diesen zwei Richtungen hin, die man meist zusammenwarf, ist noch nicht gehörig ermittelt; man weiß nur, daß die Reizung der Gewölbtheile keine Zuckungen, weder im Körper noch in den Kopfmuskeln erregt, daß mithin keine direkt bewegende Primitivröhre in diese Gewölbtheile eintritt. Daß bei Reizung der hinteren Theile des Hirnstammes convulsivische Zuckungen in einzelnen Muskeln des Körpers bedingt werden, ist sicher gestellt; wie weit nach vorn aber direkt bewegende Primitivröhren im Hirnstamme sich nachweisen lassen, werden spätere Experimentatoren erst lehren.

Als allgemeines Resultat läßt sich demnach behaupten, daß keine Primitivröhre eines peripherischen Nerven weiter als bis in den Hirnstamm vordringe, daß mithin alle Funktionen der peripherischen Nerven nur im Rückenmarke und im Hirnstamme concentrirt seien. Nichts desto weniger sehen wir täglich Lähmungen der Gliedmaßen, bedingt durch Krankheitsprozesse, welche in Gehirntheilen ihren Sitz haben, deren Reizung keinen Schmerz, keine Bewegung bedingt. Weit entfernt, diese Erscheinungen aus indirekter Lähmung herleiten zu wollen, bedingt durch Vernichtung derjenigen Theile, welche den bewegenden Primitivfasern den Befehl zur Ausübung ihrer Funktion mittheilen, suchte man sich durch mancherlei sonderbare Hinterthüren aus der Schlinge zu ziehen. Man sagte, es finde Druck auf den Hirnstamm statt; man schloß, daß die Primitivröhren dennoch bis in die schmerzlosen Theile vordrängen, wobei man sich auf die Faserung der weißen Substanz stützte, daß sie aber ihren Charakter änderten, und dergleichen Erklärungsversuche mehr. Experiment und Beobachtung, wenn auch unvollständig, haben uns doch Thatsachen ge-

liefert, die als Anhaltspunkte einer consequenten Betrachtung der Erscheinungen dienen müssen. Wagen wir einmal consequent zu sein. Stellen wir die Elemente unserer Schlüsse zusammen. Die bewegenden Primitivröhren enden im Hirnstamme. Thiere, Vögel, denen das große Gehirn fehlt, führen noch zweckmäßige Bewegungen aus, aber nur auf äußeren Anstoß. Leute, die an Krankheiten der Gewölbtheile leiden, sind oft gelähmt; sie möchten die gelähmten Glieder bewegen, können aber nicht. Druck auf den Hirnstamm anzunehmen, ist in den meisten Fällen dieser Art geradezu Unsinn; wie soll eine erweichte Stelle in der Hemisphäre den Hirnstamm zusammendrücken? Doch zurück zu unsern Prämissen. Warum bewegt sich der Vogel ohne Großhirn nicht? Er empfindet kein Bedürfniß, Bewegung zu wollen; regt man dies Bedürfniß an, so bewegt er sich. Warum bewegt sich der Kranke nicht? Seine bewegenden Primitivröhren sind unverletzt, denn galvanische Reizung bringt sie in Thätigkeit; er kann wollen, sich selbstständig das Bedürfniß der Bewegung hervorrufen, was der enthirnte Vogel nicht konnte, aber die Brücke fehlt, der Wille wird den bewegenden Organen nicht mitgetheilt; daher die Lähmung. Wir haben demnach, aus den Thatsachen klar nachgewiesen, drei Klassen von Theilen, welche zur Bildung einer Bewegung nöthig sind: direkt bewegende Primitivröhren, welche der Wille oder ein Reiz treffen muß, die aber selbstständig ihre Thätigkeit nicht hervorrufen können; Theile, die den Willen leiten, und endlich Theile, die den Willen bedingen, gleichsam ausarbeiten. Zerstörung eines jeden dieser Theile kann Lähmung bedingen; in jedem vorliegenden Falle wird es davon abhängen, zu bestimmen, welcher Art die Lähmung sei. Wie man sieht, stimmen diese Resultate durchaus mit denjenigen überein, die wir bei der Analyse der Empfindungen erhielten, wo ebenfalls eine dreifache Gruppirung der Elementartheile sich herausstellte.

Im vorigen Briefe wurde nachgewiesen, daß die Isolirung einer jeden Nervenprimitivröhre eine wesentliche Eigenschaft des peripherischen Systemes sei, und daß durch eine Reizung, welche

eine bestimmte Primitivröhre trifft, nie eine zweite affizirt werden könne, auch wenn sie dicht daneben läge. Diese Isolation der betroffenen Nervenfasern erhält sich in dem Centralnervensysteme nur in sehr geringem Grade; meist findet Mittheilung von einer Primitivröhre auf die andere Statt. Am leichtesten geschieht diese Mittheilung, dieses Ueberspringen auf ungleichnamige Primitivröhren, namentlich von empfindenden auf bewegende Nerven, und man hat die durch solches Ueberspringen der Empfindung auf bewegende Fasern bedingten Bewegungen Reflexbewegungen genannt; während die Mittheilung von gleichnamigen Fasern auf gleichnamige, von empfindenden auf empfindende besonders Sympathieen genannt wurden. Eine Menge von täglich vorkommenden Erscheinungen lassen sich nur durch solche Reflexbewegungen und Sympathieen erklären, und zahllose Versuche an Thieren, so wie genaue Analyse theils gesunder, theils kranker Zustände haben die Gesetze, nach welchen diese Reflexerscheinungen zu Stande kommen, in ihrer ganzen Ausdehnung kennen gelehrt. Auch bei der Analyse dieser Erscheinungen wird uns vorzüglich die nackte, durch den Versuch gewonnene Thatsache leiten.

Im Augenblicke der Enthauptung eines Thieres ziehen sich alle Muskeln des Rumpfes und der Extremitäten auf das Kräftigste zusammen. Die Reizbarkeit ist dann meist auf Augenblicke erschöpft; einige Zeit nach der Enthauptung aber zeigt der Rumpf Reflexbewegungen. Berührt man den Fuß mit der Nadel, so wird er an den Leib angezogen; sticht man stärker, so erfolgen einige abwehrende Bewegungen desselben Fußes; bei noch heftigerer Reizung werden beide Hinterbeine, ja selbst die Vorderbeine bewegt. Auf jede Reizung erfolgt so eine entsprechende Bewegung, und zwar entspricht die Ausdehnung der Bewegung gewöhnlich der Größe des Reizes, wobei freilich die Empfänglichkeit des Thieres selbst in Betracht zu ziehen ist. Im warmen Sommer, besonders aber in der Begattungszeit, wird man die Reflexbewegungen der Frösche stets weit bedeutender finden, als im Winter; bei allmählich sich erschöpfender Erregbarkeit werden die Muskelgruppen, welche auf dieselbe Reizung antworten, stets

minder zahlreich, die Zuckungen weniger heftig. Nicht minderen Einfluß haben die peripherischen Reizungsstellen. Reizungen der Haut haben stets bedeutenderen Einfluß, als Reizungen der zur Haut gehenden Nervenstämme — einzelne Hautstellen sind empfindlicher als andere. Bei den Amphibien und Fischen erhalten sich diese reflektirten Bewegungen am längsten; sie verschwinden ziemlich schnell bei warmblütigen Geschöpfen. Die Bewegungen eben getödteter Vögel, Tauben und Hühner, sind allen Köchinnen bekannt; nicht minder die lebhaften Bewegungen, welche der enthauptete Rumpf eines Aales macht, und die zu dem allgemeinen Glauben verleiteten, selbst die Stücke eines Aales lebten noch und sprängen aus der Pfanne, um dem Rösten zu entgehen. Alle diese Bewegungen sind Reflexbewegungen, hervorgebracht durch den Hautreiz des Rupfens, des Schmorens in der Pfanne, wodurch Muskelbewegungen erzeugt werden, die dem angebrachten Reize entsprechen und je nach der Reizbarkeit des Thieres stärker oder schwächer werden.

Sucht man nun auf experimentellem Wege zu ermitteln, auf welche Weise diese Bewegungen zu Stande kommen, bei welchen der Wille und das Bewußtsein des Thieres keine Rolle spielen können, so ergiebt sich zuvörderst, daß dieselben durchaus von dem Dasein des Rückenmarkes abhängen. Geht man bei einem enthaupteten Thiere mit einem Drahte in den Wirbelkanal ein und zerstört das Rückenmark, so zeigt sich auch keine Spur von Reflexbewegungen mehr, wenn dieselben auch noch so lebhaft unmittelbar vor dieser Zerstörung sich zeigten. Es genügt deßhalb, eine Stricknadel durch den Wirbelkanal eines Aales zu stoßen, um die Stücke regungslos liegen zu sehen. Es beweist diese einfache Thatsache, daß das Ueberspringen der Reizung von fühlenden Fasern auf bewegende, einzig nur durch Vermittlung des Centralnervensystems zu Stande gebracht werden kann. Ja es ist diese Eigenschaft wesentlich an die graue Substanz gebunden, und zwar in ihrer ganzen Ausdehnung, während, wie es scheint, die weiße Substanz des Rückenmarkes keinen Einfluß darauf ausübt. Man kann letztere großen Theils, ja gänzlich

durchschneiden und nur in der Mitte eine sehr kleine Brücke von grauer Substanz übrig lassen, welche den Zusammenhang zwischen getrennten Theilen des Rückenmarkes vermittelt, und die Reflexbewegungen bleiben, wenn auch um so schwächer werdend, je geringer die graue Verbindungsbrücke ist. Ebenso beweisen andere Versuche, daß diese Vermittelung nicht an einzelne Stellen im Rückenmarke, sondern an die ganze Ausdehnung der grauen Substanz gebunden ist. Schneidet man das Rückenmark in der Mitte des Rückens durch, so daß die untere Hälfte von der oberen getrennt ist, so werden Reizungen der hinteren Extremitäten Bewegungen der Füße, Reizungen der vorderen reflektirte Bewegungen der Vorderbeine, aber auch nur dieser, veranlassen, da die Communikation zwischen vorderer und hinterer Hälfte unterbrochen ist. Theilt man das Rückenmark genau der Länge nach in zwei seitliche Hälften, indem man nur am vorderen Ende eine Brücke zwischen diesen beiden Hälften läßt, so erscheinen noch Reflexbewegungen in allen vorderen wie hinteren Extremitäten. Theilt man das Mark quer durch in Segmente, innerhalb welcher Nervenwurzeln eintreten, so entstehen Reflexbewegungen, welche auf diejenigen Theile beschränkt sind, deren motorische Primitivröhren mit demjenigen Segmente in Verbindung stehen, dessen sensible Nerven gereizt wurden.

Gleiche Erscheinungen zeigen sich an dem Kopfe, wenn man auch die Gewölbtheile des Gehirns weggenommen und nur den Hirnstamm hat bestehen lassen. Reizungen der einzelnen Theile sind dann von entsprechenden Bewegungen gefolgt, und es erstreckt sich diese Fähigkeit, Reflexbewegungen hervorzurufen, nicht nur auf die fühlenden Nerven, sondern auch auf die Sinnesnerven. Bei der Reizung des Auges durch Licht wird die Pupille verkleinert, ja selbst das Auge geschlossen, ohne daß hierbei Einfluß des Willens herrschen könnte.

Eine Menge von Erscheinungen, die sich im lebenden Zustande zeigen, hängen einzig von diesen reflektirten Bewegungen ab. Das unwillkürliche Blinzeln der Augenlieder während der geöffneten Augen ist eine reflektirte Bewegung, bedingt durch

das Trockenwerden der Bindehaut; das unmittelbare Schließen, wenn man rasch auf die Augen mit dem Finger zufährt, und das man bei dem besten Willen nicht verhindern kann, ist eine Reflexbewegung, bedingt durch den plötzlichen Eindruck auf den Sehnerven. Kitzeln der Nasenschleimhaut erregt Niesen, des Gaumens Schluckbewegungen und Erbrechen; jeder Nadelstich, der unversehens eine Hautstelle trifft, ist unmittelbar von einer Zuckung gefolgt, die nur dann vermieden werden kann, wenn wir darauf vorbereitet sind und unseren Willen über die Reaktion gebieten lassen. Ja die Versuche, welche man an enthaupteten Thieren anstellt, werden oft auch durch unglückliche Verhältnisse am Menschen möglich. Nach Brüchen der Wirbelsäule, wobei das Rückenmark zerquetscht und die hinteren Extremitäten gelähmt und dem Willen entzogen werden, zeigen diese letzteren sehr oft reflektirte Bewegungen, wenn sie gestochen oder gekneipt werden.

Es geht aus den dargelegten Erscheinungen hervor, daß Reflexbewegungen nur dann möglich sind, wenn die sensitiven und motorischen Fasern durch ein Stück Rückenmark oder Hirnstamm mit einander in Verbindung stehen. Die Zweckmäßigkeit der Bewegung beweist weiter, daß die Empfindung der Oertlichkeit ebenfalls in denjenigen Theilen des Centralorganes vorhanden ist, welche die Reflexbewegungen vermitteln, und daß die Bewegungen in Folge dieser Ortsempfindung zweckmäßig combinirt werden. Der geköpfte Frosch, dem man ein Stückchen Kohle auf den Vorderfuß legt, sucht dieses mit dem Hinterfuße wegzukratzen. Der Schwanz des zerschnittenen Aales sucht sich von dem Lichte zu entfernen, womit man ihn auf der einen Seite brennt. Die Gruppen von Fasern, welche die Lokalisation der Empfindung vermitteln und deren Existenz wir oben aus den Leitungserscheinungen der empfindenden Nerven ableiteten, finden sich demnach noch in dem Rückenmarke und dem Hirnstamme, nicht aber in den Gewölbtheilen, in welchen einzig die höheren Seelenthätigkeiten concentrirt sind.

Aus dieser Gruppirung ergiebt sich auch der Einfluß, welchen die Gewölbtheile selbst auf die Reflexbewegungen ausüben.

Bewußtsein und Wille wirken ihnen entgegen und können sie selbst bis auf einige Combinationen solcher Reflexbewegungen, die zum Leben unbedingt nothwendig sind, gänzlich aufheben. Zu diesen letzteren Gruppen gehören die Athem- und Herzbewegungen, über welche wir unter gewöhnlichen Bedingungen nicht mehr Herr sind, die wir aber dennoch, wie neuere Versuche lehren, willkürlich gänzlich unterdrücken und dadurch Ohnmacht und selbst den Tod herbeiführen können. Die Erzählungen über Selbstmord durch willkürliches Hinterhalten des Athmens, die uns aus dem Alterthume überliefert worden sind, galten bis jetzt für eine physiologische Fabel. So erzählt Valerius Maximus: „Es giebt auch merkwürdige Todesfälle, welche auswärts vorgekommen sind. Hierher gehört vorzüglich der des Coma, welcher der Bruder des Räuberhauptmanns Cleon gewesen sein soll. Als dieser nämlich nach Enna, welches die Räuber inne gehabt hatten, von den Unsrigen aber genommen worden war, vor den Consul Rupilius gebracht und über die Macht und die Absichten der Flüchtigen befragt wurde, nahm er sich Zeit, um sich zu sammeln, verhüllte das Haupt und indem er sich auf seine Kniee stützte und den Athem unterdrückte, verschied er sorgenfrei unter den Händen der Wächter und vor den Augen des Machthabers. Mögen sich die Elenden quälen, denen nützlicher ist zu sterben, als fortzuleben mit ängstlichen Vorsätzen, wie sie aus dem Leben gehen sollen, mögen sie das Schwerdt schärfen, Gift mischen, zum Strange greifen, von ungeheueren Höhen herunterschauen, als ob es großer Vorrichtungen und tiefen Nachdenkens bedürfe, um das schwache Band zwischen Leib und Seele zu trennen. Coma brauchte von alledem nichts, sondern fand dadurch, daß er den Athem in der Brust verschloß, seinen Tod.“

Es bedarf zur Durchführung dieses Versuches nur des Anhaltens des Athmens mit gleichzeitiger Zusammendrückung der Brust, die man entweder mit den Händen oder auch durch die Athemmuskeln selbst bewirken kann. Der Herzschlag hört augenblicklich auf, die Herzgeräusche sind nicht mehr hörbar, man

fühlt noch einzelne schwache Pulsschläge, die dann vollständig aufhören. Setzt man den Versuch auch nur eine Minute fort, so tritt Ohnmacht und vollständige Bewußtlosigkeit ein, die leicht in gänzliches Erlöschen des Lebens überführen kann. Man sieht also, daß auch hier die den Willen erzeugenden Gebilde des Centralnervensystemes eine absolute Herrschaft über die Reflexbewegungen ausüben können, woraus als natürliche Folge sich ergiebt, daß die Reflexbewegungen um so vollständiger Platz greifen können, je mehr die Thätigkeit der Gewölbtheile unterdrückt ist. Deßhalb sehen wir sie am Vollständigsten bei enthaupteten Körpern, bei Neugeborenen, wo die Thätigkeiten des Gehirnes noch nicht ausgebildet sind und das Leben ohne ihr stetes Spiel selbst nicht erhalten werden könnte. Deßhalb sehen wir sie auch im tiefen Schlafe und weniger vollständig beim leisen Schlummer oder in Augenblicken, wo die Gewölbtheile des Gehirnes mit anderen Verrichtungen beschäftigt sind. Ein in tiefem Nachdenken begriffener Mensch wird eher eine automatische Bewegung vollführen, um z. B. eine Fliege zu verjagen, und eher dem Eindrucke des Kitzels nachgeben, als derjenige, welcher sich zusammennimmt und vorbereitet seinen Willen gegen die Reflexthätigkeit wirken läßt.

Man hat in ähnlicher Weise wie Reflexbewegungen auch Reflexempfindungen, sowie Mitbewegungen und Mitempfindungen annehmen wollen. Bei der Reflexbewegung findet offenbar eine Uebertragung der Erregung von einer empfindenden auf eine bewegende Faser innerhalb des Rückenmarkes statt. Man glaubte nun nachweisen zu können, daß auch umgekehrt die Erregung von einer bewegenden Faser auf die empfindende überspringen könne, so daß in Folge von Bewegungen Schmerz an irgend einer anderen Stelle gefühlt würde, und man nahm endlich auch die Mittheilung der Erregung zwischen gleichnamigen Nervenfasern an, so daß die Erregung einer bewegenden Faser Bewegungen anderer Gebilde, die einer empfindenden Empfindung an anderen Orten erzeugen sollte. Alle Erscheinungen, die man zu Gunsten der Reflexempfindungen sowie der Mitempfindungen

angeführt hat, können leicht auch auf andere Weise erklärt werden. Dagegen giebt es in der That gewisse Mitbewegungen, die davon abzuhängen scheinen, daß die von dem Willen mitgetheilte Erregung sich in dem Gehirne selbst nicht genau lokalisirt, sondern einer ganzen Gruppe von peripherischen Nervenfasern mitgetheilt wird. Diese Mitbewegungen können aber eben so leicht durch fortgesetzte Uebung beseitigt wie errungen werden, so daß demnach der Wille auf dieselben eine ähnliche Herrschaft erlangen kann, wie auf die Reflexbewegungen. Es giebt eine Menge von Menschen, die den Ringfinger oder kleinen Finger nicht abgesondert von einander bewegen können. Durch Uebung beim Clavierspielen eignen sie sich diese Fähigkeit an. Andere schließen stets beide Augen zugleich; sobald sie Jagdgänger werden, lernen sie beim Schießen nur das eine Augenlied zu brauchen. Andererseits sind es die angewöhnten Mitbewegungen, welche den wesentlichsten Einfluß sogar auf die Oekonomie des menschlichen Gesellschaft ausüben. Der geübte Arbeiter, der in derselben Zeit das Doppelte und Dreifache der Arbeit der ungeübten liefert, unterscheidet sich nur dadurch, daß er sich eine Reihe von Mitbewegungen angewöhnt hat, zu deren Ausführung es keiner besonderen Operation des großen Gehirnes, keines Nachdenkens und Wollens mehr bedarf, wodurch sowohl Zeit als Kraft gespart werden.

Noch weit weniger als die in dem Hirnstamme lokalisirten Fähigkeiten sind die Eigenschaften der Gewölbgebilde des Centralnervensystemes im Einzelnen bekannt. Die operativen Eingriffe, welche bei Versuchen nothwendig sind, ermangeln meist der genaueren anatomischen Controle, da die Untersuchung der Gewölbegebilde selbst noch keine genaueren Resultate in Bezug auf den Verlauf der einzelnen Fasern und auf ihr Verhältniß zu den Nervenzellen und den peripherischen Nervengebilden geliefert hat. Es mag genügen, ein Beispiel anzuführen, um zu zeigen, wie mannichfaltig die Resultate solcher Versuche schwanken können.

Man hat sich durch Versuche überzeugt, daß die Durchschneidung des Kleinhirnschenkels Drehbewegungen erzeugt, welche

unabhängig von dem Willen des Thieres und eine nothwendige Folge der Verletzung sind. Die Angaben der Beobachter waren aber einander entgegengesetzt. Das Thier dreht sich nach der verletzten Seite hin, riefen die Einen. — Mit Nichten, antworteten die Anderen, nach der gesunden Seite dreht es sich. Beide hatten Recht. Trifft der Schnitt näher an der Wurzel des Hirnschenkels, an dem verlängerten Marke, so dreht sich das Thier nach der Verwundungsseite; — trifft er, kaum eine Linie weiter gegen das kleine Gehirn hin, so dreht es sich nach der gesunden Seite. So schwanken die meisten Versuche, die man in dieser Art angestellt hat, in ihren Resultaten außerordentlich, eben weil man oft nur ungefähr die Stelle bezeichnen kann, wo die Verletzung beigebracht wurde, und es unmöglich ist, mit Bestimmtheit zu sagen, welche Fasern man getroffen, welche Nervenleitung man durchschnitten hat. Im Allgemeinen beschränken sich daher diese Versuche auf den Nachweis gewisser Zwangsbewegungen, welche in Folge der Verletzungen besonders der Hirnschenkel und der Hirnstammtheile eintreten, sowie auf die Herstellung einer Reihe von Verdummungserscheinungen, die um so bedeutender werden, je größer die Zerstörung ist, die man in dem großen Gehirne angerichtet hat. Beide Reihen von Erscheinungen, so unvollständig ihre Resultate auch im Verhältniß zu den einzelnen Gehirnfunktionen sein mögen, werfen indeß dennoch einiges Licht auf die Funktionen der Hirntheile im Ganzen, und haben deßhalb ein besonderes Interesse.

Es ist schon vielen Experimentatoren gelungen, Vögel, denen man das ganze große Gehirn weggenommen hatte, bei künstlicher Fütterung Monate lang am Leben zu erhalten und so die Erscheinungen studiren zu können, welche solche, des großen Gehirnes beraubte Thiere darbieten. Tauben, die auf diese Art operirt sind, sitzen wie in beständigem Schlummer. Sie haben den Hals eingezogen, die Flügel am Leibe und ruhen anfangs zumeist auf beiden Füßen. Stößt man sie, kneipt man sie in die Füße, so erwachen sie, schütteln den Körper und die Federn, öffnen die Augen, bewegen sich schwankend ein paar Schritte

weit vorwärts, fallen aber dann in den vorigen Schlummer zurück. Läßt man sie aus der Höhe herabfallen, so breiten sie die Flügel aus, fliegen auch ganz gut und in bestimmter Richtung, nur sinken sie bald auf den Boden, von dem sie sich nicht zu erheben streben. Zuweilen aber erwachen sie von selbst, und dann besteht ihr einziges Geschäft darin, ihre Federn zu putzen und zu ordnen. Die Augen sind empfindlich gegen das Licht; die Taube schließt zwar die Augenlieder nicht, sobald man ihr eine Kerze nähert, aber sie zeigt doch einige Unruhe und folgt selbst in ihren Bewegungen mit dem Kopfe einer Kerze, die man im Dunkeln vor ihren Augen umherdreht. Beim Berühren der Zehen entfernt sie den Fuß; wiederholt man mehrmals dieselbe Berührung, so birgt sie den Fuß unter den Flügel und bleibt, ohne zu wanken, im Gleichgewichte auf einem Fuße sitzen. Kneipt man nun den anderen Fuß, so zieht sie den zuerst verborgenen hervor und steckt denjenigen unter, welchen man zuletzt berührte. Hält man ihr scharf stechende, ätzende Substanzen, wie Ammoniak, an die Nase, so schüttelt sie heftig den Kopf, kratzt mit dem Fuße an der Nase, um den reizenden Körper wegzubringen. Sie ist unfähig, ihr Futter zu picken; man muß ihr den Schnabel öffnen und das Futter bis zur Zungenwurzel einbringen, worauf sie dasselbe hinunterschluckt.

Es zeigen diese Erscheinungen, daß die Bewegungen nach der Wegnahme des großen Gehirnes nicht nur in ihrer ganzen Vollständigkeit erhalten bleiben, sondern daß sie auch dieselbe Zweckmäßigkeit in ihren Combinationen behalten, welche sie in dem unverletzten Thiere besaßen, wenn gleich das ganze Verhalten der Bewegungen darauf hindeutet, daß sich das Thier in einem gewissen Traumzustande befindet, in welchem es sich weder der Empfindungen, noch der Bewegungen klar bewußt wird.

Man sieht, daß hier eine gewisse Verschiedenheit mit den Reflexbewegungen Statt findet, die darauf begründet ist, daß bei den Reflexbewegungen zwar einzelne Bewegungen eine gewisse Zweckmäßigkeit haben können, daß aber die Gruppirung und Combination mehrerer Bewegungen zu einem bestimmten Zwecke

fehlt. Ein enthauptetes Thier flattert noch krampfhaft, fliegt aber nicht. Es kann weder seine Federn putzen, noch sich im Gleichgewichte auf den Füßen erhalten, aber es macht Bewegungen zur Abwehr des Schmerzes, die zu diesem beschränkten Zwecke angepaßt sind. Anders das enthirnte Thier, bei welchem der Hirnstamm mit dem kleinen Gehirne erhalten sind. Alles, was das Thier im Schlafe zu thun vermag, kann hier mit derselben Vollständigkeit ausgeübt werden. Ganz ähnliche Beobachtungen, wie die an Tauben, hat man auch an Hunden und Kaninchen, wenn auch hier mit geringerem Erfolge angestellt, da die Säugethiere dem operativen Eingriffe sehr schnell erliegen.

Wenn die Wegnahme des großen Gehirnes auf die Combination der Körperbewegungen keinen Einfluß äußert, so ist dies dagegen augenscheinlich bei dem kleinen Gehirne der Fall. Thiere, denen man das kleine Gehirn weggenommen oder mit einer glühenden Nadel zerstört hat, so daß alle sonst die Resultate beeinträchtigende Blutung vermieden wird, solche Thiere bieten alle Erscheinungen einer vollen Trunkenheit dar. Sie schwanken, auf den Füßen stehend, hin und her, fallen bald nach vorn, bald nach hinten, bald seitlich; können nicht gerade gehen, keinen sicheren Schritt machen; fallen sie, so gelingt es ihnen nur durch Zufall, sich wieder aufzurichten. Die Flugbewegungen von Vögeln, welche in dieser Weise operirt wurden, bleiben möglich; die Tauben flattern, können aber nie dazu kommen, die Flügel regelmäßig so zu bewegen, daß sie sich in die Luft erheben; auf Schmerzempfindungen wird nicht durch geregelte Fluchtversuche, sondern durch regellose, krampfhafte Bewegungen geantwortet. So ist es denn durch das Experiment unzweifelhaft nachgewiesen, daß das kleine Gehirn wirklich wesentlich zur Combination der Bewegungen, zur Anpassung derselben an den beabsichtigten Zweck beitrage, und daß es in dieser Beziehung in der nächsten Beziehung zu den motorischen Fasern stehe. Einseitige Zerstörung desselben bedingt halbseitige Körperlähmung, die ebenfalls in dieser Aufhebung der Coordination beruht. Die so gelähmten Thiere und Menschen können noch die gelähmte

Hälfte einigermaßen bewegen, allein nicht so, daß der Fuß z. B. die zur Feststellung des Körpers nöthigen Bewegungen combiniren könnte. Es findet indirekte Lähmung durch Veränderung des Einflusses der Bestimmung statt.

Einseitige Durchschneidungen der tieferen Theile des kleinen und des Mittelgehirnes, namentlich der verschiedenen Schenkel, welche von dem Hirnstamme zu den Gewölbtheilen gehen, rufen jene eigenthümlichen Drehungserscheinungen hervor, welche man leicht an Kaninchen beobachtet und deren wir oben erwähnten. Die Thiere drehen im Kreise herum, wie ein schulgerecht zugerittenes Pferd auf der Reitbahn, und wenn die einseitige Verletzung noch tiefer dringt oder sie weiter nach hinten gegen das verlängerte Mark trifft, so sind sie selbst unfähig, sich auf den Beinen zu erhalten, stürzen zusammen, drehen sich aber dann beständig um die Längsachse ihres Körpers. Ein Beobachter erzählt, daß er ein solches Kaninchen in einen Korb mit Heu gesteckt habe und sehr erstaunt gewesen sei, am anderen Morgen das Thier wie eine Flasche in Heu eingewickelt in dem Korbe zu finden. Die Richtung der Drehung bei allen solchen Verletzungen geschieht fast immer von der verletzten Seite nach der gesunden hin; doch zeigte schon das oben angeführte Beispiel, daß hier mancherlei Schwankungen Statt finden. Die Ursache dieser Drehung, so wie der eigenthümlichen Richtung des Drehens, ist leicht zu finden. Die Resultate der Verwundungen, welche die vor dem verlängerten Marke liegenden Theile betreffen, sind gekreuzt, wie wir schon früher anführten; wenn eine einseitige Verwundung das Gehirn betrifft, so erfolgt die Lähmung in den Körpermuskeln der entgegengesetzten Seite. Eine rechter Seits angebrachte Wunde lähmt demnach die Muskeln der linken Seite mehr oder minder vollständig. Bei unvollständiger Lähmung dreht das Thier im Kreise, wie auf der Reitbahn; die auf der rechten Seite durch die Muskeln gegebene Impulsion ist überwiegend. Geht die Lähmung noch weiter, so fällt das Thier und jede Bewegung der Extremitäten wird, da sie nur einseitig ist, eine Drehung um die Axe bewirken. Daraus erklärt es sich

dann auch, daß diese Bewegungen nicht stetig fortdauern, sondern Unterbrechungen zeigen. Das Thier ruht oft; sobald es sich aber bewegen will, so fehlt ihm die Fähigkeit, die Bewegungen in anderer Weise zu vollführen, als in der Richtung der durch die Verletzung bedingten Zwangsbewegungen.

Von diesen auf mechanische Weise hervorgebrachten Drehbewegungen, die nach Verletzung einiger Hirnstammtheile vorkommen, sind diejenigen Bewegungen wohl zu unterscheiden, welche öfters bei Verletzung des Mittelhirnes vorkommen. Dieses steht in besonderer Beziehung zu der Funktion des Sehens. Verletzungen der Vierhügel, welche tief genug gehen, um die im Inneren derselben gelegenen grauen Kerne zu treffen, ziehen eben so gut Blindheit nach sich, als wenn der Sehnerve selbst zerstört worden wäre, nur mit dem Unterschiede, daß die Blindheit auf dem entgegengesetzten Auge auftritt; ein Umstand, der sich leicht dadurch erklärt, daß die Sehnerven unmittelbar nach dem Austritte aus dem Gehirne sich in dem sogenannten Chiasma kreuzen. Plötzliche Blindheit auf einem oder auf beiden Augen bewirkt aber bei Thieren sehr seltsame Erscheinungen. Eine Taube, der man ein Auge mit schwarzem Taffet zuklebt, dreht sich im Kreise dem gesunden Auge nach. Ein Thier, dessen Sehnerve plötzlich durchschnitten wird, dreht in gleicher Weise. Kaninchen, deren Sehnerven man beiderseits plötzlich zerstört, schießen wie Pfeile über den Operationstisch weg, in unaufhaltsamer Flucht voran, bis sie wider die Wand stoßen. Gleiche Beobachtungen hat man nach Durchschneidung der Vierhügel und der Sehhügel auf beiden Seiten gemacht. Der Schrecken, verursacht durch die plötzlich eingebrochene Nacht, in welcher sich die schon von Natur so ängstlichen Stallhasen befinden, erklärt solche plötzliche Fluchtversuche mehr als genug.

Man hatte in einigen seltenen Fällen nach mehr oder minder tiefen Wunden des kleinen Gehirns bei Kaninchen eine Neigung zum Rückwärtsgehen bemerkt, die indeß so selten ist, daß ihr Grund wohl noch in besonderen Nebenumständen gesucht werden muß, und da man zugleich diese unaufhaltsame Flucht

in gerader Linie vorwärts, welche nach Durchschneidung vorderer Hirntheile eintrat, nicht als Folge der so erzeugten Blindheit, sondern als unmittelbares Resultat der Verwundung auffaßte, so kam man auf gar seltsame Ansichten über den Einfluß dieser Theile auf die Bewegung. Nach den Einen sollte das kleine Gehirn nach vorn treiben, das Mittelhirn nach hinten. Bei Durchschneidung des einen oder andern Theiles bekäme dann der unverletzte Theil das Uebergewicht und die Thiere bewegten sich sofort nach derjenigen Richtung, in welcher jener Theil antriebe. Andere, welchen die Tendenz zum Rückwärtsgehen nicht erwiesen schien, glaubten, das kleine Gehirn sei ein Hemmungsapparat, welcher die ungezügelte Bewegungskraft gehörig lenke und leite und nach dessen Wegnahme die gespannte Feder unaufhaltsam losschieße. Die eben angeführten Thatsachen erklären die Erscheinungen sehr ungezwungen; allein auch wenn wir sie nicht kennten, so müßten wir uns gegen eine solche Ansicht aussprechen, die nothwendig darauf zurückführt, daß man sich eine Seele vorstellen müßte, die wie ein Kutscher auf dem Bocke in dem kleinen Gehirn säße und von dort aus mit Peitsche und Zügel das Rossegespann der thierischen Maschine lenkte.

Fragen wir nun nach den genauer begründeten Thatsachen, die uns über die Gewölbtheile des menschlichen Gehirnes und die spezielleren Funktionen ihrer einzelnen Theile beim Menschen Aufschluß geben sollen, so befinden wir uns um so mehr in großer Ungewißheit, als hier nicht einmal die spärliche Quelle des Versuches fließt, sondern man einzig auf diejenigen Versuche hingewiesen ist, welche uns durch Unglücksfälle oder Krankheiten entgegengeführt werden. Aus den langen Listen von Krankheitsgeschichten und Leichenbefunden, bei denen Entartungen des Gehirnes, Zerstörungen einzelner Theile desselben nachgewiesen wurden, läßt sich auch nicht eine sichere Schlußfolgerung ziehen. Selbst in Beziehung auf die Lähmungen, welche durch Blutergießungen im Gehirn, durch die sogenannten Schlagflüsse erzeugt werden, sind wir noch gänzlich im Unklaren. Nur so viel wissen wir, daß diese Lähmungen meistens auf der entgegen-

gesetzten Seite auftraten, und daß sie jedesmal vorhanden sind, wenn der Hirnstamm von der Entartung oder dem Drucke betroffen wird. In Beziehung auf die geistigen Fähigkeiten, die dem Gehirne allein zustehen, wissen wir nichts, als was auch aus den Versuchen an Thieren hervorgeht: zunehmende Verdummung bei zunehmender Zerstörung. Die Abnahme bestimmter Fähigkeiten nach Verletzung oder Zerstörung bestimmter Hirntheile läßt sich nirgends mit Sicherheit nachweisen. Dies kann um so weniger auffallen, als die beiden Seitenhälften des Gehirnes symmetrisch gebaut sind, die Verletzungen aber fast stets nur eine Seite treffen, wo dann sicher die gleiche Funktion der anderen Hirnhälfte die Folgen der Verletzung wenigstens bedeutend schwächt und unmerklich macht.

Eine Reihe von krankhaften Erscheinungen, so wie zahlreiche Versuche erweisen einen bedeutenden Einfluß des Centralnervensystemes, und namentlich des Gehirnes, auf die Bewegungen und Empfindungen der Eingeweide, deren Thätigkeit unserem Willen entzogen ist. Die Zusammenziehungen des Magens, der Gedärme, der Ausführungsgänge der Drüsen, wie der Harnleiter und des Gallenkanales, die wurmförmigen Bewegungen der inneren Geschlechtstheile, die Schläge des Herzens können durch Reizung gewisser Hirntheile angeregt und beschleunigt werden. Die Lokalisation dieser Einflüsse und ihre Beziehung zu bestimmten Hirntheilen hat noch nicht gelingen wollen; die Gedärme ziehen sich auf Reizung fast aller Theile des Hirnstammes zusammen, und nur die Bewegungen der inneren Geschlechtstheile scheinen in bestimmter Beziehung zu dem kleinen Gehirn zu stehen. Wenn indeß auch die bestimmtere Verfolgung dieser Beziehungen der Centraltheile zu den automatischen Bewegungen noch nicht gelungen ist, so wird dadurch doch bewiesen, daß ein solcher Einfluß existirt und die Integrität der Gehirnfunktionen auch für das vegetative Leben von höchster Wichtigkeit ist. Welch ungemeine Folgen die Verlangsamung des Herzschlages, der Athembewegungen, der Darmcontraktionen auf Kreislauf, Athmung und Verdauung haben müsse, braucht hier nur angedeutet

zu werden. Nicht minder offen erscheinen zuweilen die Sensibilitätsverhältnisse zwischen den Eingeweiden und dem Centralnervensysteme ausgesprochen. Die heftigen Stirnschmerzen bei Leberleiden, die Hallucinationen und Phantasieen, welche als Folge chronischer Unterleibskrankheiten oft vorkommen und oft gänzlich das eigentliche Leiden maskiren, gehören in das Bereich solcher Erscheinungen, die aber nur noch sehr unvollständig erforscht sind.

Dreizehnter Brief.

Nervenkraft und Seelenthätigkeit.

Die eigenthümlichen Eigenschaften des Nervensystems, über die man freilich erst nach und nach einen den Thatsachen entsprechenden Ueberblick erhielt, haben von jeher die spekulative Richtung der physiologischen Forschung in hohem Grade angeregt. Fast jede ärztliche Schule hatte auch ihre besondere Theorie über die Nerven, und je nachdem man ihnen einen größeren oder geringeren Antheil an den Krankheiten zuschrieb, wurde auch diese Theorie mit mehr oder minder lebhaften Farben ausgeschmückt. Als man die mikroskopische Struktur der Nervenröhren genauer erforscht hatte, schien die Schnelligkeit der Mittheilung innerhalb dieser mit halbfester Substanz gefüllter Röhren in schneidendem Gegensatze mit der vollständigen Ruhe und Bewegungslosigkeit des Nerveninhaltes selbst zu stehen. Viele Forscher gaben sich vergebliche Mühe, in einem erregten Nerven in einem Augenblicke, wo er Schmerz erzeugte oder eine Muskelbewegung vermittelte, Bewegungen nach der einen oder nach der anderen Richtung hin zu sehen. Selbst in dem Augenblicke, wo die Durchleitung rasch wechselnder elektrischer Schläge den Schenkel eines Frosches in Starrkrämpfen zusammenzog, selbst in diesem Augenblicke der höchsten Wirkung sah man nicht die mindeste Veränderung innerhalb der Nervenröhren. Es war augenscheinlich, daß die Mittheilung der Leitung innerhalb der Nervenröhren, die Fortpflanzung der Erregung nach einer bestimmten Richtung hin, mit einem Worte die ganze Wirkung der Nerven, von Molekularveränderungen abhängig sein mußte, welche selbst unserem mit dem

Mikroskope bewaffneten Auge eben so unzugänglich waren, wie die Schwingungen in einem Kupferdrahte, der den elektrischen Strom durch meilenweite Entfernungen leitet.

Die Untersuchungen der Neuzeit haben, indem sie einen andern Weg der Untersuchung einschlugen, auch zu weiteren Resultaten geführt. Schon aus den vorigen Briefen ging hervor, daß wir verschiedene Mittel besitzen, einen Nerven in Erregung zu versetzen; — auf mechanische Weise, durch Stechen, Kneipen, durch chemische Mittel, wie Säuren oder Aetzlaugen, und endlich durch die Elektrizität, welche in jeder Beziehung das mächtigste Erregungsmittel ist, und selbst dann noch Wirkungen hervorbringt, wenn die übrigen Mittel gänzlich versagen. Seit der Entdeckung des Zuckens jenes Froschschenkels, dessen Nerv zufälliger Weise mit einem aus einem silbernen Löffel und einer Messerklinge zusammengesetzten elektrischen Elemente in Berührung kam, seit jener Entdeckung ist der enthäutete Froschschenkel eines der wichtigsten Instrumente geworden, ohne dessen Hülfe weder die Nervenphysik noch die Elektrizitätsphysik selbst jemals zu ihrem heutigen Standpunkte gekommen wären; denn während der elektrische Multiplicator äußerst schwache elektrische Ströme nachweisen, ihre Richtung angeben, und von in längeren Zeiten erfolgendem Wechsel die Stärke anzeigen kann, ersetzt ihn der Froschschenkel durch seine Zuckungen gerade in denjenigen Fällen, wo der Multiplicator seiner Trägheit wegen den Dienst versagt. Jede auch noch so rasche Veränderung eines Stromes, und wenn sie auch in fast unmeßbarer Zeitdauer einträte und augenblicklich vorüberginge, wird durch den Froschschenkel mit einer Zuckung beantwortet. So hat man denn in den geeigneten Fällen bald das eine künstliche, bald das andere von der Natur gebotene Instrument benutzt, um sich über die elektrischen Eigenschaften der Nerven Aufschluß zu verschaffen, und hieraus auf die Molekularveränderungen in den Nerven selbst und das in ihnen wirkende Agens zurückschließen zu können. Es würde zu weit führen, wollten wir uns weitläufiger mit diesen Untersuchungen beschäftigen, deren Verständniß nothwendig ein tieferes Eingehen

in die physikalische Lehre von der Elektrizität erfordern würde. Die Schlüsse, welche aus Reihen der delikatesten Versuche hervorgegangen sind, führen zu dem Resultate: daß jeder lebende erregbare Nerve des Körpers gewissermaßen eine geschlossene elektrische Säule darstellt, deren positiver Pol gegen die Längsaxe, der negative gegen die Queraxe gerichtet ist, und dessen elektrische Massen durch einen feuchten indifferenten Leiter, die Scheide, umschlossen sind. Das Nervenmark und besonders der Axencylinder ist also einzig die wahre Nervensubstanz, während alle übrigen Scheidengebilde nur zur Isolirung dieses Inhaltes dienende Organe sind. Im Zustande der Ruhe erzeugt demnach schon jeder Nerve einen elektrischen Strom, den ruhenden Nervenstrom, welcher bei der Erregung in wesentlicher Weise verändert wird. Schließt man nämlich durch das Stück eines Nerven die Kette einer elektrischen Säule in der Weise, daß dieser erregende Strom den Nerven in derselben Richtung durchstreicht, in welcher der ursprüngliche Nervenstrom in der weiteren Fortsetzung des Nerven läuft, so wird dieser Strom gestärkt, bei entgegengesetzter Richtung aber vermindert. Zu diesem Versuche, wie überhaupt zu jeder Fortpflanzung der Erregung und des dadurch bewirkten elektrischen Zustandes der Nerven bedarf es aber des vollkommenen ununterbrochenen Zusammenhanges des Inhaltes der Nervenröhren. Hebt man diesen auf, selbst in einer Weise, daß die Elektrizität noch auf der Außenfläche fortgeleitet wird, so ist nichts desto weniger die Fortpflanzung im Inneren der Nervenröhren aufgehoben. Schnürt man den Nervenstamm z. B. mit einem nassen Faden zusammen, so wird hierdurch jede Fortleitung der Erregung in den Nerven aufgehoben. Ist es ein Muskelnerve, so kann man den Nerven über der Umschnürungsstelle auf jede erdenkliche Art reizen, es erfolgt keine Zuckung in den peripherischen Muskeln. Ist es ein Gefühlsnerve, so erscheint die Empfindungsleitung von den peripherischen Theilen her an dieser Stelle unterbrochen. Ganz in derselben Weise bleibt auch die Verstärkung oder Verminderung des ursprünglichen Nervenstromes in dem außerhalb des

umgeschnürten Fadens gelegenen Nervenstücke aus. Die Wirkung dieser Unterbrechung des Nervenmarkes im lebenden Körper können wir aus der Jedem bekannten Erscheinung des Einschlafens der Glieder beurtheilen, das stets nur durch Druck auf die Nervenstämme erzeugt wird. Geht dieser Druck so weit, daß der Inhalt der Nervenröhren für eine Zeit lang in seiner Continuation unterbrochen wird, so versagen die Nerven jeden Dienst. Das Glied ist völlig unempfindlich und zuweilen selbst so unbeweglich, daß bei plötzlichem Aufstehen der Mensch, dessen Beine eingeschlafen sind, hinfällt. Erst allmählich stellt sich die Leitung wieder her, die dann mit abnormen Erregungszuständen, Prickeln, Ameisenlaufen und unwillkürlichen Zuckungen verbunden ist.

Die bis jetzt angestellten Untersuchungen leiten fast nothwendig zu dem Schlusse: daß der zu jeder Zeit seines Lebens thätige Nerv Kräfte entwickelt, die in chemischen Umsetzungen des Nerveninhaltes ihren Grund zu haben scheinen, und daß diese Kräfte, die der Ernährungsprozeß in den Nerven erzeugt, wahrscheinlich elektrische sind. Alle Erscheinungen sprechen dafür, daß jede Einwirkung, welche die Zusammensetzung des Nerven beeinträchtigen kann, auch auf seine Erregung schwächend einwirkt, während wieder die Wirkungen der Nervenkräfte mit denjenigen der Elektrizität in vollkommenem Einklange stehen. Der einzige Einwurf, welchen man gegen diese Ansicht vorbringen könnte, beruht auf der Verschiedenheit der Leitungsgeschwindigkeit, die bekanntlich bei der Elektrizität 422 Millionen Meter in der Sekunde beträgt, also auf den Nerven übertragen vollkommen unmeßbar erscheint. Freilich können wir auch dem gewöhnlichen Sprachgebrauche nach die Leitung der Erregung innerhalb der Nerven eine unendlich schnelle nennen; genauere Untersuchungen haben indeß bewiesen, daß der Zeitunterschied, der durch die Leitung innerhalb der Nerven bedingt wird, zwar verschwindend klein, aber doch nicht unmeßbar ist. Man hat diese Geschwindigkeit direkt in der Art gemessen, daß man einen eigenthümlichen Apparat anbrachte, der unendlich kleine Zeit-

räume noch mit Sicherheit angab, und man hat auf diese Weise gefunden, daß die mittlere Geschwindigkeit der Fortpflanzung in den Nerven 61,5 Meter in der Sekunde beträgt. Auch auf indirektem Wege hat man solche Messungen vorgenommen, die sogar auf noch größere Geschwindigkeitswerthe führen. Hält man den Zeigefinger an ein gezahntes Rad, das sich in raschem Schwunge dreht und somit der empfindenden Hautstelle eine Reihe von einzelnen Stößen ertheilt, so empfindet man noch deutlich hundert Stöße in der Sekunde, während darüber hinaus die Empfindung in einem Gesammteindruck verschwindet. Schlägt man nun den Weg der empfindenden Primitivröhren von der Spitze des Zeigefingers bis zu ihrer Einpflanzung in das Gehirn auf einen Meter an, so würde sich daraus eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von hundert Metern in der Sekunde ergeben, vorausgesetzt, daß man die Uebertragung der Erregung auf das Bewußtsein als keiner Zeit bedürfend ansehe. Wahrscheinlich ist es aber, daß diese Uebertragung ebenfalls noch ein gewisses Zeitmoment nöthig hat, wodurch denn die Fortpflanzungsgeschwindigkeit noch größer ausfallen würde. Diese bleibt aber dennoch, wie man sieht, weit hinter derjenigen der Elektrizität zurück, und es würde dies ein wesentlicher Einwurf gegen unsere Ansicht sein, wenn nicht die übrigen Untersuchungen darthäten, daß der Nerve nicht als ein einfacher leitender Körper angesehen werden kann, sondern aus einer unendlichen Menge von Molekülen besteht, deren jedes von einem elektrischen Strome umkreist ist, so daß die Leitung in der Nervenmasse nicht eine direkte, sondern eine indirekte ist.

Betrachtet man die Funktionen der Nerven im Ganzen, so geht schon aus dem anatomischen Verhalten hervor, daß in den peripherischen Nervenfasern durchaus keine prinzipielle Verschiedenheit gegeben ist, sondern die Verschiedenheit ihrer Funktion von den beiden Enden, dem peripherischen Organe einerseits und dem centralen Ende andrerseits abhängt. Die Mittel, welche eine Erregung bedingen, können, wie wir gesehen haben, außerordentlich verschieden sein, die Wirkung der Erregung selbst

aber wird nur dann verschieden sein, wenn das Organ, in dem der Nerve endet, und die Stelle, von welcher er im Centralnervensysteme ausgeht, verschieden sind. Wenn wir demnach von bewegenden, empfindenden und Sinnesnerven gesprochen haben, so darf man, wie wir schon oben erwähnten, diese Ausdrücke nicht auf die Nervenröhren selbst beziehen, sondern nur auf die Endpunkte, zwischen welchen sie ausgespannt sind. Früher glaubte man allerdings, daß eine jede Nervenprimitivröhre, wie man sich ausdrückte, eine spezifische Energie besitze, d. h. nur Eindrücke von besonderer Art leite; man hat sich aber von dem Ungrunde dieser Ansicht überzeugen müssen. Der Sehnerve leitet allerdings nur Lichtempfindungen, aber dies nur deßhalb, weil das Organ, in welchen er endigt: die Netzhaut des Auges, einzig zur Aufnahme des Lichtes geeignet ist. Sticht oder kratzt man die Netzhaut, wie dies zuweilen bei Operationen geschehen ist, so empfindet der Kranke keinen Schmerz, sondern nur eine Lichtempfindung. Die Netzhaut ist nicht geeignet, Schmerzenseindrücke aufzunehmen; aber auch der Stamm des Sehnerven bringt, wenn er gereizt wird, nur eine Lichtempfindung hervor. Beim Ausrotten des Augapfels sieht der Operirte in dem Momente, wo der Sehnerve durchschnitten wird, ein Feuermeer, empfindet aber keinen Schmerz. Der Hirntheil, in welchem die durch den mechanischen Eingriff erregten Sehnervenfasern enden, faßt diese Erregung eben nur als Lichtempfindung auf, mag sie eine Quelle haben, welche sie wolle. Das Gleiche findet bei Gefühls- und Muskelnerven Statt. Die Erregung pflanzt sich, wenn sie einen dieser Nerven in seinem Verlaufe trifft, nach seinen beiden Enden hin fort, wird aber nur dann von dem Bewußtsein empfunden, wenn sie zu einer empfindenden Gehirnstelle durch den Verlauf des Nerven hingeleitet wird, so wie sie umgekehrt nur dann eine peripherische Reaktion erzeugt, wenn die betroffene Nervenfaser in einem dazu geeigneten Organe, d. h. in einem Muskel endigt. Wenn wir deßhalb von centripetaler und centrifugaler Leitung in den Nervenröhren sprechen, so bezeichnen wir damit nur

diejenige Richtung des Stromes, welche eine spezifische Wirkung hervorruft, während die andere Richtung, die effektlos bleibt, aber nicht minder vorhanden ist, außer Augen gelassen wird.

Von der Verschiedenheit der peripherischen Organe hängt sicherlich auch die Erscheinung ab, daß die Nerven qualitativ sehr verschiedene Empfindungen in ihrer Eigenthümlichkeit dem Centralorgane zuleiten. Die Empfindungen, welche unsere Hautnerven uns mittheilen, sind nicht stets dieselben und durch Abstufungen von Mehr oder Minder bedingt, sondern es finden sich darin qualitative Verschiedenheiten der mannichfachsten Art. Man fühlt nicht nur die Härte oder die Gestalt der Oberfläche eines Körpers, man empfindet auch seine Temperatur und hat eine gewisse Schätzung für sein Gewicht; man sieht nicht nur Licht und Finsterniß, sondern auch Farben und deren Nüancen; man hört nicht nur den musikalischen Ton, dessen Schwingungen unser Ohr auffaßt, sondern man unterscheidet auch an dem eigenthümlichen Klange, seinem Timbre, aus welchem Instrumente der Ton hervorgeht. Legt man aber den Hautnerven in seinem Verlaufe bloß, oder schneidet man ihn durch und reizt dann das durchschnittene Ende, so wird nur Schmerz empfunden, selbst wenn die Reizung durch ein Stück Eis geschieht. Ebenso erzeugt der Sehnerve bei seiner Durchschneidung oder bei anderen Erregungszuständen nur im Allgemeinen Licht, nicht aber bestimmte Farben.

Die Erregbarkeit der Nervenmasse selbst kann zu verschiedenen Zeiten eine äußerst verschiedene sein, und hierauf beruht auch zum großen Theile die Verschiedenheit der Empfindungen namentlich in subjektiver Hinsicht. Man kann leicht durch Versuche zeigen, daß die Erregbarkeit eines Nerven sich erschöpft und nach der Erschöpfung wieder neu sich sammelt, wenn man dem Nerven Ruhe gönnt. Setzt man z. B. die Durchleitung elektrischer Schläge durch den Nervenstamm eines Froschschenkels eine gewisse Zeit hindurch fort, so entstehen endlich keine Zuckungen mehr; läßt man den Froschschenkel aber einige Zeit ruhig liegen, so antwortet er dann wieder durch Zuckungen auf wie-

derholte Schläge. Alle Reize, die auf den Nerven angebracht werden, können bei öfterer Wiederholung denselben eben so gut schwächen und erschöpfen, wie auch andererseits absolute Ruhe und Unthätigkeit dieselbe Folge haben kann. Jeder Arzt weiß aus Erfahrung, daß ein Kranker, der mit gebrochenem Beine ein oder zwei Monate lang hat ruhig liegen müssen, nach der Heilung auch das gesunde Bein nicht gehörig zu benutzen versteht, schnell ermüdet und von Neuem mit demselben gehen lernen muß. Wechselnde Zustände des Organismus überhaupt üben auf die Erregbarkeit, auf den Widerstand gegen die Erschöpfung den größten Einfluß aus, und es ist gar nicht gesagt, daß größere Erregbarkeit auch schnellere oder langsamere Erschöpfung im Gefolge habe. Beide Zustände scheinen im Gegentheile ganz unabhängig von einander zu sein und mit durchaus verschiedenen Verhältnissen in Folgebeziehung zu stehen. Die Erhaltung der Erregbarkeit in dem Nerven selbst hängt einestheils von der Erhaltung desjenigen Wärmegrades ab, in welchem sich der Nerv in dem Thiere befindet, anderentheils aber auch wesentlich von dem Zuflusse des arteriellen Blutes, das, wie es scheint, die für einen Augenblick durch die Funktionsäußerung modifizirte Zusammensetzung der Nervensubstanz augenblicklich wiederherstellt. Der Zufluß arteriellen Blutes zu dem Gehirne ist die nothwendige, unerläßliche Bedingung für die Thätigkeit dieses Organes, und eine Menge krankhafter Erscheinungen beruhen einzig und allein auf dem Mangel dieser Zufuhr. Die Betäubung, welche dem Erstickungstode vorangeht, mag derselbe nun durch Zuschnüren der Luftröhre oder durch Einathmen solcher Gasarten erzeugt werden, welche dem Blute keinen Sauerstoff zuführen, beruht immer auf demselben Grunde: daß die Verwandlung des venösen Blutes in arterielles nicht Statt findet, das Hirn demnach nur von dunklem Blute gespeist wird, welches die Erregbarkeit der Nervenmasse nicht länger erhält. Wenn der Kopf eines Enthaupteten unmittelbar nach der Trennung vom Rumpfe keine Empfindung und kein Bewußtsein mehr hat, was übrigens noch sehr die Frage ist, so liegt dieses nur

in dem plötzlichen Herausstürzen des arteriellen Blutes aus den durchschnittenen Adern und in der vollständigen Blutlosigkeit des Organes. Unterbindet man einem Thiere die Bauchschlagader, so daß kein arterielles Blut mehr in die hinteren Extremitäten einströmt, so sind diese nach wenigen Minuten vollständig in Empfindung und Bewegung gelähmt.

Die Wirkungsweise des Aethers und des Chloroforms beruht theilweise auch auf der Herabsetzung der Zufuhr arteriellen Blutes, obgleich diese nicht den einzigen Grund derselben einschließt. Man hat beide Substanzen in der neueren Zeit nur allzuhäufig bei schmerzhaften Operationen angewendet, um eben den Schmerz gänzlich aufzuheben, und man hat dabei viel zu sehr außer Acht gelassen, daß man dem Individuum den Schmerz nur dadurch ersparen konnte, daß man es einer dringenden Lebensgefahr aussetzte. Früher war diese Gefahr geringer, wo man noch Einathmung von Aether anwandte, dessen Dämpfe weit weniger tief eingreifen, als diejenigen des Chloroform, dem man in der neuesten Zeit wegen der Leichtigkeit der Anwendung den Vorzug gegeben hat. Während man zum Einathmen des Aethers complizirte Apparate und eine länger fortgesetzte Einathmung bedarf und zuweilen nur unvollständige Wirkungen hervorbringt, ist man zwar bei dem Chloroform sicher, mittelst einiger auf ein Taschentuch gegossener Tropfen die Wirkung zu erzielen, kann aber auch weit weniger den Grad des Erfolges ermessen. Trotz aller Vorsichtsmaßregeln häufen sich die Todesfälle in bedeutendem Maße, und es heißt wirklich mit dem Leben auf die leichtsinnigste Weise spielen, wenn man wegen eines vorübergehenden Schmerzes, wie z. B. beim Zahnausreißen, das Chloroform anwendet. Die Erscheinungen sind bei beiden Mitteln etwa dieselben. Zuweilen geht eine kurze Aufregung vorher, während welcher die Respirationsbewegungen heftiger sind und auf den Puls, die Stärke und Höhe der Pulswellen einen bedeutenden Einfluß üben. Dann aber folgt eine längere Zeit, während welcher die Sinneseindrücke nicht mehr empfunden, die Schmerzen nicht mehr gefühlt werden, und das

Gehirn in dem Zustande eines tiefen Traumes sich befindet. In dieser Periode sinkt der mittlere Blutdruck oft bis auf die Hälfte seiner normalen Höhe, und der Einfluß der Athmung, die zugleich seltener wird, auf die Höhe der Pulswelle tritt stets weniger deutlich hervor. Schreitet die Wirkung fort, so tritt vollständige Bewußtlosigkeit, Röcheln, endlich Stillstand des Athmens und zuletzt sogar völliger Stillstand des Herzens und damit nach einiger Zeit der Tod ein. Die Lähmung schreitet von dem Gehirne nach dem Rückenmarke fort; man kann nachweisen, wie allmählich die Reflexbewegungen schwinden und die Empfänglichkeit der Nerven aufhört. Auch bei lokaler Applikation und ohne Vermittelung des Centralnervensystemes üben Aether und Chloroform diese zerstörende Wirkung auf die Nervenerregbarkeit aus, und bei allen Erscheinungen, wie namentlich auch beim Einflusse des Athmens auf die Cirkulation, gewahrt man stets, daß das Chloroform das tiefer eingreifende, rascher wirkende und weitaus gefährlichere Mittel ist.

Einen wesentlich verschiedenen Einfluß auf die Stimmung des Nervensystemes im Allgemeinen, seine Empfänglichkeit und Erregbarkeit, haben andere Mittel, unter welchen die Brechnuß und das in ihr befindliche wirksame Prinzip, das Strychnin, weit voransteht. Hat man einen Frosch mit Strychninlösung vergiftet, so treten bald entsetzliche Krämpfe in allen Muskeln ein. Bei der leisesten Erschütterung, bei der geringsten Berührung gerathen alle Muskeln in die heftigsten Zuckungen, die zuletzt in einen allgemeinen Starrkrampf übergehen. Die Strychninlösung wirkt eben so gut von dem Blute aus, bei direkter oder indirekter Aufnahme in die Cirkulation, wie bei unmittelbarer Applikation auf die centralen Nervenorgane, und die Menge von Strychnin, welche hinreicht, diesen Zustand allgemeiner Erregung und übermäßiger Krampfzuckungen zu erzeugen, ist fast verschwindend klein. Ist die Dosis des Giftes nur sehr gering gewesen, so kann sich das Thier wieder erholen, behält aber noch lange Zeit eine übermäßige Empfindlichkeit bei. Ganz ähnliche Einflüsse, wie die erwähnten, können indeß auch durch

besondere Zustände des Organismus geübt werden. Die Empfänglichkeit der Nerven kann in solcher Weise gesteigert sein, daß die geringste Erregung die heftigste Reaktion in dem ganzen Muskelsystem, die bedeutendsten Schmerzen, die lebhaftesten Krämpfe und ähnliche Wirkungen hervorruft. Viele Erscheinungen des sogenannten thierischen Magnetismus, sowie die ganze Reihe von Unsinn, den man unter dem Titel der odischen Erscheinungen in die Welt hinein gequalmt hat, beruhen lediglich auf einer gesteigerten Nervenerregbarkeit, durch welche Empfindungen und Eindrücke, die in dem gewöhnlichen Leben spurlos vorübergehen, dem Bewußtsein mitgetheilt werden. Ich habe eine Frau beobachtet, die durch Tage langes heftiges Erbrechen an den Rand des Grabes gebracht worden war und wo man eine Magenkrankheit vermuthete, während nur beginnende Schwangerschaft die Ursache der abnormen Magenreizbarkeit war. Bei gänzlicher Erschöpfung des Körpers war das Nervensystem in einem solchen Zustande gesteigerter Erregbarkeit, daß die Kranke nicht nur die Tritte der Dorfbewohner hörte, wenn ich sie kaum sehen konnte, sondern auch die einzelnen Personen, welche über die Straße gingen, ihren Tritten nach unterschied. Wie man sieht, brauchte diese Empfänglichkeit nur noch um ein Geringes sich zu steigern, um Erscheinungen herbeizuführen, die man, besonders wenn man mit betrügerischen Personen zu thun gehabt hätte, als magnetisches Hellsehen würde bezeichnet haben.

Wir sind so derjenigen Sphäre näher getreten, in welcher das letzte Räthsel der Nervenwirkungen überhaupt liegt, und wir dürfen uns fragen: in welchem Verhältnisse die Funktionen der peripherischen Körpernerven überhaupt zu derjenigen Funktion der Centraltheile stehen, die man mit dem Namen der Seelenthätigkeit zu bezeichnen gewohnt ist.

Es kann nicht geläugnet werden, daß der Sitz des Bewußtseins, des Willens, des Denkens endlich einzig und allein in dem Gehirne gesucht werden muß; allein in welcher Weise nun dort die Räder der Maschine in einander greifen, dies zu bestimmen, ist uns vor der Hand unmöglich gewesen. Wodurch

es geschehen kann, daß ich meinen Willen gerade auf die Vollziehung dieser oder jener Bewegung lenke; ob dies Folge einer besonderen Lokalisation des Willens, ob nur das Resultat einer bestimmten, der bewegenden Thätigkeit zu verleihenden Richtung ist, dies zu entscheiden liegt außer dem Bereiche unserer heutigen Kenntnisse. Was man deßhalb auch von den Beziehungen der Gehirnsubstanzen zu den Nervenverrichtungen sagen möge, es ist besser, hier unsere Unwissenheit zu gestehen und nicht weiter zu gehen, als die Erfahrung und der Versuch uns geführt haben.

Noch viel weniger können wir von der Beziehung der Geistesthätigkeiten zu dem Gehirne sagen, wenn auch Gall'sche Phrenologie und Carus'sche Cranioskopie die Räthsel gelöst zu haben sich brüsten. Ein jeder Naturforscher wird wohl, denke ich, bei einigermaßen folgerechtem Denken auf die Ansicht kommen: daß alle jene Fähigkeiten, die wir unter dem Namen der Seelenthätigkeiten begreifen, nur Funktionen der Gehirnsubstanz sind; oder, um mich einigermaßen grob hier auszudrücken: daß die Gedanken in demselben Verhältniß etwa zu dem Gehirne stehen, wie die Galle zu der Leber oder der Urin zu den Nieren. Eine Seele anzunehmen, die sich des Gehirnes wie eines Instrumentes bedient, mit dem sie arbeiten kann, wie es ihr gefällt, ist ein reiner Unsinn *); man müßte dann gezwungen sein,

*) Mit Absicht habe ich diese Stelle durchaus in ihrer ursprünglichen Gestalt gelassen, weil sie nicht bei ihrem Erscheinen, nicht während einiger Jahre, innerhalb welcher das Buch, ich kann wohl sagen, allgemeine Verbreitung und Anerkennung gefunden hatte, sondern erst lange nachher, als man glaubte einer Waffe zu bedürfen, zum Gegenstande der heftigsten Angriffe geworden ist. Die Rechtfertigung der ganzen Ansicht, auf welcher jeder Fortschritt heutigen Tages beruht, liegt freilich in ihr selbst. Da man aber behauptet hat, sie sei verabscheut, verlassen, von jedem ächten Naturforscher bei Seite gelegt, so erlaube ich mir hier, einige Stellen anzuführen, die mit jener Behauptung wohl nicht im Einklang stehen dürften.

Moleschott, nachdem er den obigen Satz angeführt, fährt fort: „Der Vergleich ist unangreifbar, wenn man versteht, wohin Vogt den

auch eine besondere Seele für eine jede Funktion des Körpers anzunehmen, und käme so vor lauter körperlosen Seelen, die über die einzelnen Theile regierten, zu keiner Anschauung des

Vergleichungspunkt verlegt. Das Hirn ist zur Erzeugung der Gedanken eben so unerläßlich, wie die Leber zur Bereitung der Galle und die Niere zur Abscheidung des Harns. Der Gedanke ist aber so wenig eine Flüssigkeit, wie die Wärme oder der Schall. Der Gedanke ist eine Bewegung, eine Umsetzung des Hirnstoffs, die Gedankenthätigkeit ist eine eben so nothwendige, eben so unzertrennliche Eigenschaft des Gehirns, wie in allen Fällen die Kraft dem Stoff als inneres, unveräußerliches Merkmal innewohnt. Es ist so unmöglich, daß ein unversehrtes Hirn nicht denkt, wie es unmöglich ist, daß der Gedanke einem anderen Stoff als dem Gehirn als seinem Träger angehöre." (Moleschott, der Kreislauf des Lebens, Mainz 1852, Seite 402.) Ein anderer Physiologe drückt sich folgendermaßen aus: „Sitz der Seele. Die Apparate, welche die Bedingungen der seelischen Leistungen enthalten sollen, werden verschieden gedeutet. Nach der einen Gruppe der Hypothesen liegt den geistigen Funktionen eine besondere Substanz, die Seele, zu Grunde, welche, dem Lichtäther ähnlich, zwischen den wägbaren Massen der Hirnsubstanz schwebt, und mit dieser so verkettet ist, daß ihre Veränderungen mit denjenigen der Hirnsubstanz Hand in Hand gehen, wie das auch der Physiker vom Lichtäther und den ihn umgebenden Stoffen annehmen muß. Damit aber diese Hypothese alle Erscheinungen erläutere, verlangt sie den nicht mehr naturwissenschaftlich zu rechtfertigenden Zusatz, daß der Seelenäther aus inneren Gründen (willkürlich) veränderlich sei. — Die Anhänger der zahllosen Abstufungen realistischer Weltanschauung haben sich, insofern sie sich überhaupt zur Bildung einer Vorstellung entschließen konnten, darüber geeinigt, daß die Seelenerscheinungen resultiren aus einer gewissen Summe im Hirn und Blut enthaltener Bedingungen, weil mit dem Entstehen, der Entwickelung und dem Vergehen des Hirns und mit dem Wechsel in der Blutzusammensetzung Verstand, Empfindung und Wille kommen, schwinden oder sich ändern. Wer den Schluß aus Analogieen gelten läßt und durch seine Kenntnisse befähigt ist zu gründlichen Vergleichungen der Seelenerscheinungen mit den übrigen Naturereignissen, wird, wenn er wählen müßte, nicht zweifelhaft sein, welcher von beiden Meinungen er beistimmen soll; — wer aber einen unumstößlichen Beweis für eine der beiden Anschauungen verlangt, wird eingestehen, daß er noch nicht geliefert sei." (Ludwig, Professor in Zürich: Physiologie des Menschen, Seite 452, Heidelberg 1853.) — Ein Dritter läßt sich also vernehmen: „Die Existenz des Nervenstroms tritt nur in zwei verschiedenen Weisen im Naturprozeß auf, indem entweder der Ner-

Gesammtlebens. Gestalt und Stoff bedingen im Körper überall die Funktion und jeder Theil, der eine eigenthümliche Zusammensetzung hat, muß auch nothwendig eine eigenthümliche Funktion haben.

Der Satz, daß die sogenannten Seelenthätigkeiten nur Funktionen der Gehirnsubstanz sind, bildet die natürliche Basis der Phrenologie, welche außerdem auch die einzelnen Seelenthätigkeiten auf bestimmte Hirntheile zu lokalisiren und von der Entwickelung dieser Hirntheile auch diejenige der Seelenthätig-

---

venstrom in für ihn nicht leitungsfähige Elementarcombinationen einströmt, hier mechanische Kräfte auslöst und dadurch palpable Effekte hervorbringt; oder zweitens, indem er aus der ihn leitenden Neurinesubstanz nicht heraustretend, vielmehr in besonderen Nerven-Apparaten, welche wir Gehirn nennen, sich sammelt, und denjenigen Zustand bildet, den wir alle als Bewußtsein kennen. — — — Das Haupthinderniß, welches aber der unbefangenen und natürlichen Erklärung der Innervationsphänomene des Organismus im Wege steht, ist dieß, daß wir gewisse falsche Begriffe über die sogenannten Seelenthätigkeiten mit der Muttermilch aufgesogen haben, welche falsche Begriffe uns die Seelenthätigkeit als etwas mit dem natürlichen Prozeß der Welt überall nicht Zusammenhängendes, sondern als ein Ding sui generis, als etwas spezifisch von der übrigen sogenannten materiellen Natur Verschiedenes darzustellen suchen. So kommt es, daß selbst ausgezeichnete Physiologen, sobald ihnen die Naturwissenschaft zeigt, daß das Gehirn das Organ der Seele eben so unabweislich ist, wie die Leber das Organ der Gallenbildung, sobald sie also bei dem Widerspruch angekommen sind, in welchem sich ihre Wissenschaft und ihre anerzogenen dogmatischen Vorstellungen befinden, nicht auf dem Wege der Wissenschaft fortschreiten, vielmehr stehen bleiben und diesen Widerspruch ein den jetzigen Hülfsmitteln der Wissenschaft noch unlösliches Problem nennen." — Dies letztere steht aber zu lesen in einem Aufsatze: Ueber die Hirnfunktion von Dr. L. Fick, P. P. O. in Marburg und ist gedruckt in dem Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin, 1851, Seite 414, herausgegeben von Joh. Müller, k. preuß. geh. Rathe und Professor in Berlin. Was mich selbst betrifft, so kann ich nur einfach hinzufügen, daß ich zwar die Behauptung aufgestellt habe, es müsse jeder Naturforscher bei folgerichtigem Denken zu solchen Schlüssen kommen; — daß ich aber niemals behauptet habe, daß es keine Naturforscher ohne folgerichtiges Denken, keine blödsinnige oder vernagelte Menschen unter den Naturforschern gebe.

auch eine besondere Seele für eine jede Funktion des Körpers anzunehmen, und käme so vor lauter körperlosen Seelen, die über die einzelnen Theile regierten, zu keiner Anschauung des

---

Vergleichungspunkt verlegt. Das Hirn ist zur Erzeugung der Gedanken eben so unerläßlich, wie die Leber zur Bereitung der Galle und die Niere zur Abscheidung des Harns. Der Gedanke ist aber so wenig eine Flüssigkeit, wie die Wärme oder der Schall. Der Gedanke ist eine Bewegung, eine Umsetzung des Hirnstoffs, die Gedankenthätigkeit ist eine eben so nothwendige, eben so unzertrennliche Eigenschaft des Gehirns, wie in allen Fällen die Kraft dem Stoff als inneres, unveräußerliches Merkmal innewohnt. Es ist so unmöglich, daß ein unversehrtes Hirn nicht denkt, wie es unmöglich ist, daß der Gedanke einem anderen Stoff als dem Gehirn als seinem Träger angehöre." (Moleschott, der Kreislauf des Lebens, Mainz 1852, Seite 402.) Ein anderer Physiologe drückt sich folgendermaßen aus: „Sitz der Seele. Die Apparate, welche die Bedingungen der seelischen Leistungen enthalten sollen, werden verschieden gedeutet. Nach der einen Gruppe der Hypothesen liegt den geistigen Funktionen eine besondere Substanz, die Seele, zu Grunde, welche, dem Lichtäther ähnlich, zwischen den wägbaren Massen der Hirnsubstanz schwebt, und mit dieser so verkettet ist, daß ihre Veränderungen mit denjenigen der Hirnsubstanz Hand in Hand gehen, wie das auch der Physiker vom Lichtäther und den ihn umgebenden Stoffen annehmen muß. Damit aber diese Hypothese alle Erscheinungen erläutere, verlangt sie den nicht mehr naturwissenschaftlich zu rechtfertigenden Zusatz, daß der Seelenäther aus inneren Gründen (willkürlich) veränderlich sei. — Die Anhänger der zahllosen Abstufungen realistischer Weltanschauung haben sich, insofern sie sich überhaupt zur Bildung einer Vorstellung entschließen konnten, darüber geeinigt, daß die Seelenerscheinungen resultiren aus einer gewissen Summe im Hirn und Blut enthaltener Bedingungen, weil mit dem Entstehen, der Entwickelung und dem Vergehen des Hirns und mit dem Wechsel in der Blutzusammensetzung Verstand, Empfindung und Wille kommen, schwinden oder sich ändern. Wer den Schluß aus Analogieen gelten läßt und durch seine Kenntnisse befähigt ist zu gründlichen Vergleichungen der Seelenerscheinungen mit den übrigen Naturereignissen, wird, wenn er wählen müßte, nicht zweifelhaft sein, welcher von beiden Meinungen er beistimmen soll; — wer aber einen unumstößlichen Beweis für eine der beiden Anschauungen verlangt, wird eingestehen, daß er noch nicht geliefert sei." (Ludwig, Professor in Zürich: Physiologie des Menschen, Seite 452, Heidelberg 1853.) — Ein Dritter läßt sich also vernehmen: „Die Existenz des Nervenstroms tritt nur in zwei verschiedenen Weisen im Naturprozeß auf, indem entweder der Ner-

Gesammtlebens. Gestalt und Stoff bedingen im Körper überall die Funktion und jeder Theil, der eine eigenthümliche Zusammensetzung hat, muß auch nothwendig eine eigenthümliche Funktion haben.

Der Satz, daß die sogenannten Seelenthätigkeiten nur Funktionen der Gehirnsubstanz sind, bildet die natürliche Basis der Phrenologie, welche außerdem auch die einzelnen Seelenthätigkeiten auf bestimmte Hirntheile zu lokalisiren und von der Entwickelung dieser Hirntheile auch diejenige der Seelenthätig-

---

venstrom in für ihn nicht leitungsfähige Elementarcombinationen einströmt, hier mechanische Kräfte auslöst und dadurch palpable Effekte hervorbringt; oder zweitens, *indem er aus der ihn leitenden Neurinesubstanz nicht heraustretend, vielmehr in besonderen Nerven-Apparaten, welche wir Gehirn nennen, sich sammelt, und denjenigen Zustand bildet, den wir alle als Bewußtsein kennen.* — — — Das Haupthinderniß, welches aber der unbefangenen und natürlichen Erklärung der Innervationsphänomene des Organismus im Wege steht, ist dieß, daß wir gewisse falsche Begriffe über die *sogenannten Seelenthätigkeiten* mit der Muttermilch aufgesogen haben, welche falsche Begriffe uns die Seelenthätigkeit als etwas mit dem natürlichen Prozeß der Welt überall nicht Zusammenhängendes, sondern als ein Ding sui generis, als etwas spezifisch von der übrigen sogenannten materiellen Natur Verschiedenes darzustellen suchen. So kommt es, daß selbst ausgezeichnete Physiologen, sobald ihnen die Naturwissenschaft zeigt, daß das Gehirn das Organ der Seele eben so unabweislich ist, wie die Leber das Organ der Gallenbildung, sobald sie also bei dem Widerspruch angekommen sind, in welchem sich ihre Wissenschaft und ihre anerzogenen dogmatischen Vorstellungen befinden, nicht auf dem Wege der Wissenschaft fortschreiten, vielmehr stehen bleiben und diesen Widerspruch ein den jetzigen Hülfsmitteln der Wissenschaft noch unlösliches Problem nennen." — Dies letztere steht aber zu lesen in einem Aufsatze: Ueber die Hirnfunktion von Dr. L. *Fick*, P. P. O. in Marburg und ist gedruckt in dem Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin, 1851, Seite 414, herausgegeben von *Joh. Müller*, k. preuß. geh. Rathe und Professor in Berlin. Was mich selbst betrifft, so kann ich nur einfach hinzufügen, daß ich zwar die Behauptung aufgestellt habe, es müsse jeder Naturforscher bei folgerichtigem Denken zu solchen Schlüssen kommen; — daß ich aber niemals behauptet habe, daß es keine Naturforscher ohne folgerichtiges Denken, keine blödsinnige oder vernagelte Menschen unter den Naturforschern gebe.

keiten selbst abhängig zu machen sucht. Merkwürdig erscheint es allerdings, daß gerade diejenigen Völker, welche dem Dogma, wenn auch in individueller Weise ausgebildet, die größte Anhänglichkeit zeigen, wie die Engländer und Amerikaner, sich mit Vorliebe dieser rein materialistischen Grundlage der Psychologie zugewendet haben, während in Deutschland die ursprünglich deutsche Lehre nach und nach allen Boden verloren hat. Wenn man aber auch die Ergebnisse, welche diese sogenannte Wissenschaft bis jetzt geliefert haben soll, als durchaus unbewiesen bei Seite setzen muß, so kann man doch nicht umhin, anzuerkennen, daß die Phrenologie insofern eine feste Grundlage hat, als sie von dem Satze ausgeht: daß die Qualität und Quantität der Hirntheile auch die Art und Weise unseres Denkens bestimmen müsse, daß von dieser oder jener Bildung auch diese oder jene geistigen Fähigkeiten, Triebe und Leidenschaften nothwendig abhängen müssen; daß die Handlungen der Menschen nichts Anderes sind, als Resultanden, hervorgegangen aus der physischen Grundlage und aus der jeweiligen Ernährung und Umsetzung der Hirnsubstanz. In diesen Prinzipien liegt das Wahre der Phrenologie; das Falsche, Unerwiesene, auf unwissenschaftlichem Boden Aufgeführte liegt in der Anwendung dieser Prinzipien im praktischen Felde.

Die Gall'sche, von vielen Anderen später theils modificirte, theils erweiterte Phrenologie bezeichnete willkürlich Regionen am Kopfe, welche die Lokalisation der einzelnen Fähigkeiten im Gehirne anzeigen sollten. Ein solcher Kopf, auf dem in niedlichen Feldern Muth, Diebssinn, Ortssinn und noch etwa fünfzig andere Sinne verzeichnet sind, nimmt sich gar nett und anschaulich aus. Stand eine bezeichnete Region auf irgend einem Schädel als Hügel oder Vorsprung vor, so hatte der Mensch die dort logirte Fähigkeit in hohem Grade entwickelt besessen; war die Gegend abgeflacht oder vertieft, so war besagte Fähigkeit entweder gar nicht oder nur schwach entwickelt. Schon diese Ansicht, daß der Schädel in seinen äußeren Umrissen genau die inneren Verhältnisse nachahme und somit die Conformation des Schädels auch diejenige des Gehirns [illegible] icht

ist durchaus unhaltbar. Der Schädel ist keine Schachtel, die in allen ihren Theilen gleichförmig dick ist; er hat bestimmte Stellen, wo er dünner, andere, wo er dicker ist, und die Verhältnisse seiner Dicke an verschiedenen Stellen schwanken in ziemlich weiten Gränzen. Bei dem Einen ist die Stirn dicker als das Hinterhaupt, bei dem Andern findet das Umgekehrte statt, und man braucht nur den ersten besten in verschiedenen Richtungen zersägten Schädel zu betrachten, um sich zu überzeugen, daß die äußeren Umrisse durchaus noch nicht diejenigen der inneren Höhlung wiederholen, sondern daß nur im Großen Aehnlichkeit Statt findet.

Wäre demnach auch die Lokalisation der einzelnen Fähigkeiten in den verschiedenen Gehirnstellen so, wie die Phrenologie sie annimmt, so würde es dennoch unmöglich sein, dieselben an dem äußeren Schädel auszutasten, eben weil dieser kein Abklatsch der Gehirnoberfläche ist. Leider aber ist diese Lokalisation nur eine Reihe von Glaubensartikeln, die, wie jeder Glaube, auf keinem faktischen Beweise beruhen. Der musikalische Sinn wurde an diese oder jene Stelle gesetzt, weil es zur Zeit Gall's zufällig einen mit ihm befreundeten Musiker gab, dessen Schädel an der auserſehenen Stelle einen Höcker hatte; der Zerstörungstrieb wurde einem berühmten Mörder abgetastet, und was all' der sogenannten Erfahrungen mehr sind. Die oberflächlichen Gehirnwunden, wobei oft bedeutende Mengen von Gehirnsubstanz verloren wurden, ohne sichtlichen Erfolg auf die Geistesfähigkeiten, beweisen im Gegentheil, daß eine solche ängstliche Lokalisation der Geistesfähigkeiten in den Gewölbtheilen des Gehirnes durchaus nicht vorhanden ist, sondern daß hier allgemeinere Bedingungen vorwalten, deren Verhältnisse wir noch nicht zu bestimmen im Stande sind.

Die Funktionen der Centraltheile des Nervensystemes sind überall in der ganzen Thierreihe an eine gewisse Periodicität gebunden, deren abwechselnde Zustände man mit dem Ausdrucke Schlafen und Wachen bezeichnet. Ich habe nie einsehen können, warum man nur dem Menschen, den Säugethieren und den

Vögeln den wahren Schlaf will zukommen lassen und die übrigen Thiere schlaflos umherjagt. Die meisten Reptilien ruhen eine große Zeit des Tages über; daß die Eidechsen, die Krokodile in der Sonne schlafen, weiß Jeder, der solche Thiere beobachtet hat; Fische fängt man im Schlafe mit den Händen; Mollusken, Krebse und andere Gliederthiere gehen meist nur des Nachts auf Nahrung aus und schlafen bei Tage. Die Zeit thut hier nichts zur Sache — ist die Eule etwa schlaflos, weil sie bei Nacht fliegt? Wenn diejenigen Thiere, welche den Meeresstrand bewohnen, beim Ablauf der Ebbe ihre Gehäuse schließen, sich einrollen und tief zurückziehen, um unbeweglich die Rückkehr der Fluth zu erwarten, glaubt man, daß sie dann wachen und philosophische Betrachtungen über den Einfluß des Mondes auf die Bewegung des Wassers anstellen? Ich weiß nicht, wie man diese und viele andere Erscheinungen bisher aufgefaßt hat; aber so viel weiß ich, daß mir noch kein Thier vorgekommen ist, bei welchem man nicht abwechselnde Zustände hätte beobachten können, die mit Wachen und Schlafen übereinkommen.

Die Erscheinungen des Schlafes sind einem Jeden bekannt; das Sandmännchen in den Augen, das Gähnen, das Suchen nach Ruhe und bequemer Lage, die allmähliche Abschließung gegen die äußeren Eindrücke sind zu oft von uns allen erfahren worden, als daß man daran zu erinnern brauchte. Ein Jeder weiß auch, daß lebhafte Sinnenreize länger wach erhalten, daß öfteres Bespritzen mit kaltem Wasser, grelles Licht, rauschende Musik am Einschlafen hindern, während ruhige Weisen, gleichförmiges Rauschen eines Wasserfalles, Murmeln eines Baches, vor allem aber langweilige monotone Unterhaltungen unwiderstehlich einschläfern. Indeß giebt es auch Erscheinungen, die meist dem Schlafe vorangehen, und welche von den meisten Menschen unbeachtet gelassen werden, da sie weniger in die äußere Beachtung treten. Man sieht unbestimmte verwachsene Punkte vor den geschlossenen Augen, Nebel, leuchtende Punkte, hellere Massen, die vor dem Gesichtskreise umhergaukeln; deren Spiel den Schlaf

immer mehr herbeiführt und deren Beachtung viel Selbstüberwindung und Reflexion kostet.

Im Schlafe selbst gehen alle Funktionen des vegetativen Lebens ungestört vor sich; nur tritt offenbar eine gewisse Abspannung und daherige größere Langsamkeit der Bewegungen ein. Das Herz schlägt ruhiger; die Athemzüge werden langsamer und tiefer; die Bewegungen des Darmes ohne Zweifel langsamer und die Verdauung dadurch anhaltender; — „wer schläft, der ißt,“ sagt ein altes Sprüchwort. Auffallender sind die Erscheinungen im animalen Leben. Das Bewußtsein ist verringert, wenn auch nicht durchaus geschwunden, und gerade durch diese Stumpfheit des Bewußtseins und den mangelnden Zusammenhang desselben mit den übrigen Thätigkeiten wird der Schlaf bedingt. Ein Schlafender hört, fühlt und sieht in materieller Hinsicht eben so gut, als ein Wachender; sein Hörnerve nimmt die Schallwellen, sein Gefühlsnerve die Schmerzensempfindung durchaus eben so auf, wie wenn vollkommenes Wachen vorhanden wäre; aber die Vermittelung der Empfindung fehlt, und wenn sie geschieht, so erfolgt sie falsch, unrichtig, verwirrt. Ein Gleiches findet Statt mit den Bewegungen. Wir ändern sehr gut im Schlafe eine unbequeme Lage; schlagen im Traume um uns; der träumende Jagdhund bewegt die Füße zum Laufen; aber die Bewegungen sind unkräftig, unbestimmt, eben so unsicher und ungeregelt, wie die Empfindungen.

Daß die Empfindungen im Schlafe durchaus in ihrer ganzen Intensität von den Nerven empfangen, nicht aber von dem Bewußtsein eben so aufgefaßt werden, geht aus den vielfachsten Erscheinungen hervor. Das leiseste ungewohnte Geräusch kann erwecken, während starke Töne, an welche man gewohnt ist, den Schlaf ungestört lassen. Jeder Lärmen, der anfangs wach erhielt und den Schlummer störte, wird endlich durch die Gewohnheit unschädlich. Die Empfindungen werden aber durch das phantastische Spiel der Seele, das wir als Traum bezeichnen, nicht in ihrer Realität, sondern in Verbindung mit Vorstellungen aufgefaßt, welche unser Gehirn daran knüpft. Auf diese Weise

werden äußere wie innere Empfindungen vertauscht, in seltsame Geschichte und Romane verwoben, welche sich meist auf bestimmte Erlebnisse beziehen oder auf Vorstellungen, mit welchen man sich vor längerer oder kürzerer Zeit beschäftigt hat. Jeder weiß wohl aus seiner eigenen Erfahrung, wie folgerecht oft der Traum einzelne Theile seines Gespinnstes abwickelt, um endlich zu der Conception der Empfindung selbst zu gelangen; wie er diese gleichsam einleitet, erklärt, begreiflich macht und ihr später eine Nachrede hält. Ich weiß aus eigener Erfahrung, daß ich viel träumte, als ich noch ein böser Junge war und mehr Ritterromane las und Bier trank, als meiner Phantasie und meinem Körper zusagte. Ich träumte viel von Schlachten und Kämpfen, kühnen Angriffen und klugen Rückzügen, und meist endete der Traum dahin, daß ich allein noch übrig blieb, mich in ein einsamstehendes Haus rettete und dort in ein Bette kroch, in dem ich still und regungslos liegen blieb. Oft entschlüpfte ich so; zuweilen aber entdeckte der Feind mich und ich wurde ermordet. Ich fühlte den Dolch in der Wunde, fühlte, wie mein warmes Herzblut über mich hinabrieselte — beim Erwachen fand ich das Bette durchnäßt. Kein Zweifel, daß das ungewohnte Getränk den Blasenhals reizte und das träumende Gehirn das Bedürfniß zum Uriniren in einen Roman verwob, dessen Ausgang manchmal meine Backe zahlen mußte.

Wenn indeß die meisten Träume sich in dieser Art an innere oder äußere Empfindungen knüpfen mögen, so ist doch nicht zu läugnen, daß es Traumvorstellungen giebt, die unabhängig hiervon, vielleicht von besonderen Verhältnissen des Gehirnbaues abhängen, und die immer wiederkehren, welches auch der Gegenstand sei, mit dem man sich geistig oder körperlich beschäftigt hat. Solche in unbestimmten Zeiträumen immer wiederkehrenden Traumvorstellungen werden öfter lästig, schon ihrer steten Gleichheit wegen, und sie haben das Eigenthümliche, daß man sich ihrer erinnert, wenn man auch die Erinnerung an alle andere Träume verloren hat. Ich bin bei mir selbst auf diese Erscheinungen aufmerksam geworden, und habe bis jetzt vielleicht nur ein Paar

meiner Bekannten getroffen, welche nicht ähnliche, gleichsam fixe Traumvorstellungen haben, von denen sie von Zeit zu Zeit heimgesucht werden. Bei keinem sind es dieselben, wie bei einem Andern; bei mir selbst reduciren sie sich auf zwei besondere Vorstellungsreihen. Den Grund der einen derselben habe ich finden können; er beruht in Kopfcongestionen. Bei heftigeren Anfällen von solchem Blutandrang nach dem Kopfe tritt selbst der Traum im vollkommenen Wachen ein. Es scheint mir, als würde mein Kopf zu eng; er klappt oben auf wie eine Fallthüre und das Innere wulstet sich hervor, quillt nach allen Seiten über, bläht sich auf und verliert sich in nebelgrauer Ferne. Die andere fixe Vorstellung auf einen körperlichen Zustand zurückzuführen, ist mir bis jetzt unmöglich gewesen; sie besteht, wenn ich mich so ausdrücken darf, in einer Anschauung der Unendlichkeit. Eine Bahn, einer Kegelbahn ähnlich, streckt sich vor meinen Augen aus; eine Kugel wird darauf hingeschoben, von Gestalten, deren Umrisse ich bei größter Anstrengung nie fixiren kann. Im Rollen vergrößert sich die Kugel, wächst und dehnt sich ins Unendliche, und wenn ich schon lange sie nicht mehr als Kugel sehe, so habe ich noch immer das Gefühl des Rollens und Wachsens.

Aus der Analyse solcher Vorstellungen, die bei Gesunden nur im Traume auftreten, wird es klar, wie gewisse Organisationsfehler, in deren Gefolge diese Vorstellungen auftreten, als fixe Ideen, als Narrheit und Tollheit im kranken Zustande sich gestalten können. Es zeigen aber auch diese Beispiele, wie sehr leicht materiell krankhafte Verhältnisse unseres Körpers auf den Seelenzustand einen wesentlichen Einfluß ausüben müssen, und wie dieser am Ende nur der Reflex dieser materiellen Veränderungen ist. Die falsche Vorstellung, welche der Traum im Schlafe vorführt, tritt in das Wachen über, sobald die abnorme Thätigkeit des Gehirnes überwiegt, und so wie der Amputirte auch bei der besten Ueberzeugung vom Verluste seines Fußes dennoch das Gefühl der Existenz desselben hat und im Anfange nach der Operation denselben beständig fühlt, so kann der Wahnsinnige die vollständigste Ueberzeugung von der Unrichtigkeit seiner

Vorstellung haben und dennoch von derselben nicht lassen, so lange der materielle Grund dieser Vorstellung obwaltet. Es wird aber unter solchen Umständen auch klar, wie der materielle Grund zum Wahnsinn nicht nur im Gehirne, sondern auch in andern Körpertheilen liegen kann. Eine Empfindung, die wie alle von den Eingeweiden ausgehenden Empfindungen nur unklar aufgefaßt wird von dem Bewußtsein, kann allmählich überwiegend einwirken, und so Vorstellungen erzeugen, die mit dem richtigen Gedankengange unvereinbar sind. Ich kenne einen berühmten Naturforscher, der an Magenkrämpfen leidet, die offenbar der Reflex einer organischen Destruktion sind. Er wird von Träumen, ja sogar im Wachen von unklaren Vorstellungen heimgesucht, die sich auf dies Leiden beziehen und denen er nur durch festen Willen entgegen arbeiten kann. Ein Schritt weiter und die auf solche Weise erzeugten Vorstellungen gewinnen die Oberhand.

Bei allen diesen Erscheinungen dürfen wir niemals vergessen, daß wir, trotz aller Erkenntniß der materiellen Grundlage sämmtlicher Gehirnfunktionen, dennoch stets auf ein dunkles Gebiet eintreten, sobald wir die einzelnen Erscheinungen näher analysiren wollen. Wie schon oben bemerkt, liegt der Grund der mangelhaften Analyse in der unvollständigen Kenntniß des feineren anatomischen Baues der Centralorgane. Der Schlaf zeigt uns, daß die verschiedenen Brücken, welche von den peripherischen Nerven bis zu dem Bewußtsein hinleiten, selbst bei geregelter Fortdauer der vegetativen Lebenserscheinungen auf kürzere oder längere Zeit bei normalen Gesundheitszuständen abgebrochen werden können; — die abnormen Stimmungs- und Erregungszustände des centralen Nervensystemes führen noch zu ferneren Schlüssen, wonach die verschiedenen Apparate bald für sich vereinzelt, bald in abnormer Verbindung in Funktion treten können. Die Empirie geht unter solchen Umständen meist der Wissenschaft voraus, indem sie Thatsachen zeigt, deren Gründe vor der Hand, bei mangelhafter Kenntniß, noch nicht darlegbar sind

und deren Erklärung meist sich von selbst ergiebt, sobald die Grundlagen der Erkenntniß hergestellt sind.

Ich will hier auf den sogenannten thierischen Magnetismus hindeuten. Die Erklärungen, welche man von dieser »Nachtseite der Natur« zu geben versucht hat, die Beziehungen, welche man in den beobachteten Erscheinungen zu Elektricität und Magnetismus zu finden geglaubt hat, können nicht vor dem Richterstuhle der einfachsten physikalischen Kritik bestehen; die Abgeschmacktheiten, Lügen und Thorheiten, womit man diese Dinge verbrämt hat, erklären hinlänglich den Widerwillen solcher Beobachter, welche vor jedem Beginne einer Untersuchung einen festen Boden verlangen, von dem aus sie zu Resultaten gelangen können. Dazu kommt die Abneigung, sich mit abgefeimten, verschmitzten Betrügern und Betrügerinnen abzugeben. Alles dies hindert aber nicht, anzuerkennen, daß Thatsachen vorliegen, welche nachweisen: daß eigenthümliche Zustände im centralen Nervensystem theils durch den eigenen Willen, theils durch besondere Manipulationen Anderer, theils endlich durch krankhafte Ursachen erzeugt werden können, in welchen in einzelnen Sphären der Nervenfunktionen wie im gesammten Kreise derselben Effekte eintreten, ähnlich denen, welche durch Schlaf, Chloroform, Strychnin erzeugt werden. Oben wiesen wir darauf hin, wie erhöhte Nervenreizbarkeit Sinnesempfindungen wahrnehmen lassen kann, die bei gewöhnlicher Stimmung nicht wahrnehmbar sind. Eine große Menge der sogenannten magnetischen Erscheinungen beruht auf dieser erhöhten Reizbarkeit. Anderseits können Erscheinungen hervorgerufen werden, wie die Catalepsie, die Lähmung einzelner Körpertheile, die Empfindungslosigkeit, welche beweisen, daß gewisse Hirntheile außer Stande sind, ihre normale Funktion zu verrichten. Der Stoicismus eines Mädchens, welches von sich sprechen machen will, kann freilich weit gehen — die Geschichte der Medizin hat Beispiele genug der scheußlichsten Selbstqualen, welche solche Geschöpfe sich anthaten, um einen Leichtgläubigen förmlich zum Narren zu haben —; aber diese Herrschaft des Willens über den Schmerz kann nicht so weit gehen, reflektorische,

dem Willen nicht unterworfene Bewegungen einzuhalten. Und doch kann man bei Magnetisirten beobachten, daß das weit geöffnete Auge unempfindlich gegen das Licht ist und die Pupille selbst beim plötzlichen Annähern einer Kerze unbewegt stehen bleibt. Hier müssen diejenigen Hirntheile, welche die Ueberleitung der Lichtempfindung zu den bewegenden Fasern der Regenbogenhaut vermitteln, temporär gelähmt sein — außer Stande, ihre Funktion zu üben. Wie dieser Effekt und so mancher andere zu Stande kommt, ist uns freilich noch ein Räthsel.

Vierzehnter Brief.

Das Auge.

Das zusammengesetzteste Instrument des Körpers ohne Zweifel ist das Auge, durch dessen Thätigkeit das Sehen vermittelt wird. Ehe wir auf die Gesetze, welche in diesem merkwürdigen Apparate ihre Anwendung finden, näher eingehen, wird es nöthig sein, die anatomische Struktur desselben übersichtlich zu beleuchten (siehe Fig. 21, S. 336).

Der Augapfel an sich ist eine hohle, kugelförmige Blase, aus mehreren, zwiebelförmig über einander gelagerten Schichten von Häuten bestehend, in deren Innerem bestimmte, mehr oder minder flüssige durchsichtige Materien abgelagert sind. Abgesehen von den Schutz- und den Bewegungsapparaten, welche an dieser Kugel angebracht sind, zeigen sich daran folgende, besonders wichtige Theile. Zuerst eine äußere, schalenartige Hülle, deren hinterer Theil weiß, fest und undurchsichtig ist, während ein vorderes, kleineres Segment eine pralle, wasserklare, durchaus durchsichtige Haut darstellt, die man mit dem Namen der Hornhaut belegt, und deren innere Fläche mit einer zarten, glasartig structurlosen Haut, der Wrisberg'schen, Descemet'schen oder Demours'schen Haut ausgekleidet ist, während ihre vordere Fläche von der durchsichtigen Fortsetzung der Bindehaut des Auges überzogen wird. Die hintere weiße Haut, deren vordere Partie das Weiße des Auges bildet, zeigt die Form eines stark gekrümmten Bechers mit enger Oeffnung, etwa wie

ein Römerglas, auf welchem dann die durchsichtige Hornhaut aufgesetzt ist, welche eine weit stärkere Wölbung hat und demnach einem kleineren Krümmungsradius angehört, als die weiße Haut.

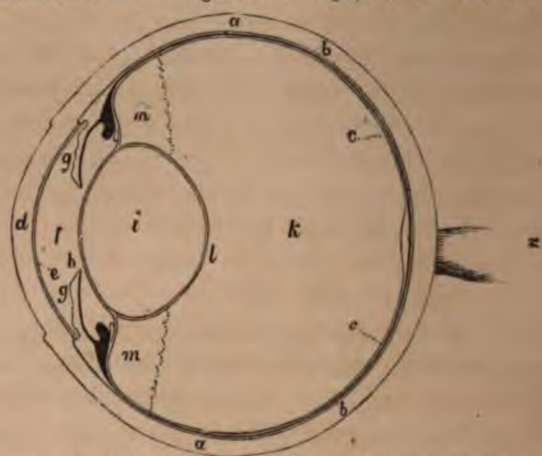


Fig. 21. Durchschnitt des Auges in vergrößertem Maßstabe. a. Die weiße Haut, Sclerotica. b. Die Aderhaut, Choroidea, nach vorn in die schwarzen, kolbigen Ciliarfortsätze übergehend. c. Netzhaut, Retina. d. Hornhaut, Cornea. e. Innere Auskleidung der Hornhaut, Wrisberg'sche Haut. f. Vordere Augenkammer, von der Hornhaut und der Regenbogenhaut begränzt und mit der wässerigen Augenfeuchtigkeit erfüllt. g. Regenbogenhaut, Iris. h. Sehloch, Pupille. i. Krystalllinse, von der Linsenkapsel umgeben. Zwischen ihrer vorderen Fläche und der Iris befindet sich die hintere Augenkammer, die durch das Sehloch mit der vorderen in Verbindung steht. k. Glaskörper. l. Hintere Linsenfläche, in der tellerförmigen Grube des Glaskörpers ruhend. m. Strahlenkörper, Corpus ciliare. n. Sehnerve.

Die ganze innere Fläche der weißen Augenhaut ist von einer sammtartigen, tief schwarzen Membran, schwarze Augenhaut, auch Aderhaut oder Choroidea genannt, ausgekleidet, welche eine große Menge von Blutgefäßen enthält und ihre Schwärze einem besonderen kohlenartigen Farbstoffe verdankt, der in eigenthümlichen Zellen abgelagert ist, und bei manchen Menschen, den s. g. Kakerlaken oder Albino's, fehlt, wo dann statt der schwarzen Farbe des Sehloches, die man bei gesunden Augen sieht, eine röthliche Tinte aus dem Grunde des Auges hervorschim-

mert. An dem vorderen Rande der Sclerotica wird die Aderhaut durch einen muskulösen Streifen, das s. g. Strahlenband, mit ihrer äußeren Fläche fester an die weiße Haut geheftet. Nach innen zu setzt sie sich in den Strahlenkörper, Corpus ciliare, fort, ein breiter Faltenkranz, der fest auf dem Rande der Linse und des Glaskörpers aufliegt, mit seinem inneren Rande in die hintere Augenkammer hineinragt und so die Ciliarfortsätze bildet, welche sich zwischen die hintere Fläche der Regenbogenhaut und die vordere der Linse einschieben. Die Regenbogenhaut oder Iris ist ebenfalls eine Fortsetzung der Aderhaut nach innen zu, und bildet im Auge einen senkrechten Vorhang, der hinter der Hornhaut etwa in ähnlicher Weise angebracht ist, wie das Zifferblatt hinter dem Uhrglase. In der Mitte besitzt dieser bewegliche Vorhang ein kreisrundes Loch, das Sehloch oder die Pupille, das bei grellem Lichte sich zusammenzieht, in der Dunkelheit sich ausdehnt. Die Farbe der Augen hängt von dem Pigmente ab, welches auf der vorderen Fläche der Iris abgelagert ist und das bald mehr grau, blau, oder braun ist; — die hintere Fläche ist stark mit schwarzem Farbstoff belegt. Die Aderhaut mit der Iris und den hinter derselben gelegenen Ciliarfortsätzen bildet demnach die zweite Schalenhaut der Zwiebel. Im hinteren Augenraume liegt sie hart an der weißen Augenhaut an; vorne aber findet sich zwischen der kreisförmig gekrümmten Hornhaut und dem senkrecht aufgehängten Vorhange der Iris ein halblinsenförmiger Raum, der durch eine wässerige Flüssigkeit erfüllt ist und die vordere Augenkammer heißt.

Die schwarze wie die weiße Augenhaut werden an ihrer hinteren Fläche von dem Sehnerven durchbohrt, welcher im Inneren des Auges sich in Form einer fast durchsichtigen, graulich gefärbten, sehr zarten Haut ausbreitet, welche die Netzhaut genannt wird. Die Eintrittsstelle des Sehnerven liegt nicht genau dem Sehloche gegenüber, sondern etwas nach innen; in der Augenaxe selbst, die man horizontal durch das Sehloch legt, findet sich ein eigenthümlicher gelber Fleck auf der Netzhaut,

der nur bei dem Menschen und einigen Affen angetroffen wird. Die Netzhaut kleidet die ganze innere Fläche der Aderhaut aus, sie geht vornen bis an die Gegend des vorderen Randes derselben und endet an dem hinteren Rande der Ciliarfalten mit einem wellenförmigen Rande. Die drei zwiebelartig übereinander gelegten Häute, welche den Augapfel bilden, sind demnach um so kürzer und um so weiter nach vorn offen, als sie mehr nach innen liegen; — weiße Augenhaut und Hornhaut bilden ein vollkommen geschlossenes Rund; Aderhaut und Iris zeigen eine kleinere mittlere Oeffnung, das Sehloch; die Netzhaut endlich bildet eine Art nach vorn offenen Bechers.

Das Innere des Augapfels ist, wie schon oben bemerkt, von mehreren flüssigen Theilen erfüllt, welche die eigenthümliche Prallheit dieses Organes bedingen. In der vorderen und hinteren Augenkammer, zwischen der Regenbogenhaut und der Hornhaut einerseits und der Linsenkapsel anderseits, findet sich eine klare Flüssigkeit, die fast reines Wasser ist, das nur wenige Bestandtheile aufgelöst enthält. Beim Anstechen der Hornhaut, was bei Operationen am Auge nicht selten geschieht, spritzt diese Flüssigkeit oft im Strahle hervor. Sie erneuert sich sehr rasch und ihr Verlust ist durchaus von keiner Bedeutung, eben dieser schnellen und leichten Erneuerung wegen. Hinter dem Sehloche und fast unmittelbar an die hintere Fläche der Regenbogenhaut angelegt, von der sie nur durch den kleinen Raum der hinteren Augenkammer getrennt ist, findet sich die Krystallinse, ein aus blätterigen Schichten gebildeter Körper, dessen vordere Fläche etwas abgeplattet, die hintere aber stark gekrümmt ist, und der in seinen äußeren Schichten eine breiige Consistenz besitzt, während der innere Kern ziemlich fest ist. Die gesunde Linse ist außerordentlich klar, hell und durchsichtig; die sie bildenden blätterigen Schichten sind ihrerseits wieder aus feinen langen, platten, faserartigen Röhren zusammengesetzt, den sogenannten Linsenfasern, die eine besondere dickflüssige, eiweißartige Substanz enthalten. Die ganze Linse ist ringsum von einer feinen, glasartigen, structurlosen Kapselhaut, der Linsenkapsel, umschlossen,

und liegt mit ihrer hinteren Fläche in einer tellerförmigen Grube des Glaskörpers, einer eiweißartigen, gelatinösen Flüssigkeit, welche den ganzen hinteren Augenraum ausfüllt, überall unmittelbar von der Netzhaut umschlossen wird und eine eigene Hülle, die Glashaut besitzt, die wahrscheinlich zellenartige Räume bildet, in welchen die Flüssigkeit angesammelt ist.

Die wesentlichen Theile des Augapfels theilen sich demnach in zwei Hauptklassen : einerseits durchsichtige, mehr oder minder flüssige Medien, durch welche die Lichtstrahlen bis zum Hintergrunde des Auges gelangen können, und anderseits hautartige Ausbreitungen mit sehr verschiedenen Eigenschaften, die wir näher analysiren werden.

Wichtig für die Funktion des Gesichtes erscheinen die verschiedenen Apparate, welche in der Umgebung des Augapfels angebracht sind, und theils zu seinem Schutze, theils zu seiner Bewegung dienen. Sechs Muskeln bedingen durch ihre Zusammenziehungen nicht nur die Bewegungen nach oben und unten, rechts und links, sondern auch die Drehungen des Auges um seine Axe, das Rollen desselben nach außen und innen; eine ziemlich bedeutende, tief in der Augenhöhle gelegene Drüse, die Thränendrüse, erhält durch die von ihr gelieferte allbekannte Absonderung die äußere Fläche des Augapfels in einem beständigen Zustande von Feuchtigkeit; zwei bewegliche, undurchsichtige Vorhänge, die Augenlider, öffnen und schließen sich vor dem Augapfel, um, je nach dem Willen und dem Bedürfnisse des Individuums, dem Lichte Zutritt zu gestatten, oder dasselbe abzuhalten; eine äußerst feine Schleimhaut, die sogenannte Bindehaut oder Conjunktiva, kleidet die Augenlider auf ihrer inneren Fläche aus und setzt dann auf die vordere Fläche des Augapfels über, die sie vollkommen überzieht, indem sie auf der Hornhautfläche selbst durchsichtig wird. In dieser Bindehaut verlaufen die feinen Gefäßchen, die man auf der Oberfläche des menschlichen Augapfels sieht. Ihre stets glatte, schlüpfrige Oberfläche gestattet das Gleiten der Augenlider über den Augapfel und das Drehen des Augapfels nach allen Richtungen hin.

Diese Bindehaut ist äußerst empfindlich; fremde Körper mit scharfen Ecken namentlich verursachen deßhalb so heftige Schmerzen, wenn sie zwischen die Augenlider gelangen. An dem inneren Augenwinkel, wo die Bindehaut in die Haut der Lider und der Nase übergeht, befinden sich die Thränenpunkte, kleine Oeffnungen, durch welche die Thränenflüssigkeit beständig in den Thränensack und den Thränengang abläuft, der die Nasenknochen durchbohrt und in die Nasenhöhle selbst sich öffnet. An dem unteren Ende dieses Ganges befindet sich eine Klappe so gestellt, daß die Thränen beständig nach der Nase abfließen, Flüssigkeiten aber auf dem umgekehrten Wege nicht nach dem Auge aufsteigen können. Es giebt Menschen, bei welchen diese Klappe weniger genau schließt, so daß sie Luft oder Tabaksdampf bei geschlossener Nase aus dem am unteren Augenlide befindlichen Thränenpunkte hervortreiben können. Noch häufiger sind krankhafte Verschließungen der Thränengänge, in Folge deren die Thränenflüssigkeit beständig, wie bei dem Weinen, über die Backen herüberfließt und meistens die Wangenhaut selbst angreift und Schorfe darauf erzeugt.

Der wesentlich empfindende Theil des Auges ist die Netzhaut, deren Structur trotz ihrer Dünne und Durchsichtigkeit eine äußerst complicirte ist. Der Sehnerv, welcher in einiger Entfernung von der Augenaxe nach innen zu die beiden äußeren Augenhäute durchbricht, um sich dann in der Netzhaut auszubreiten, bildet mit seinen Fasern eigentlich nur die Grundlage der Netzhaut, den Stramin, in welchen dann die übrigen Elemente hineingestickt sind. Man unterscheidet jetzt an der Netzhaut fünf verschiedene Schichten, die sich von außen nach innen in folgender Ordnung übereinander lagern. Am weitesten nach Außen und in unmittelbarer Berührung mit der Aderhaut stehen pallisadenartig an einander gereiht helle durchsichtige Körperchen, die sogenannten Stäbchen, deren abgestutztes Ende der Aderhaut zugewendet ist, während sie nach innen, in die Netzhaut hinein, in einen langen Faden auslaufen, der äußerst leicht abbricht, wie denn überhaupt diese Fädchen wie die Stäbchen

höchst empfindlich gegen jede Einwirkung, mechanischer wie chemischer Art sind. Einige dieser Stäbchen sind dicker und an ihrem inneren Ende mit einer zellenartigen, spindelförmigen, gekörnten Anschwellung versehen, die dann ebenfalls wie die einfachen Stäbchen in einen feinen Faden ausläuft. Man hat diese angeschwollenen Stäbchen, die zwischen den andern stehen und am gelben Fleck nur allein vorhanden sind, die Zapfen genannt — und die ganze äußere Schicht, welche aus Stäbchen und Zapfen zusammengesetzt ist, auch mit dem Namen der Jakobs'schen Haut bezeichnet. Da die Netzhaut einen hohlen Becher darstellt und alle Stäbchen mit ihren Fäden senkrecht auf dem Durchschnitte stehen, so bilden alle Radien, die vom Mittelpunkte der Netzhaut ausstrahlen, weshalb man auch die feinen, von den Stäbchen und Zapfen ausgehenden Fasern Radialfasern genannt hat.

Auf die Jakobs'sche Stäbchen- und Zapfenschicht folgt nach innen eine meist doppelte Lage dunkler, granulirter, das Licht stark brechender Körner, die vielleicht in die Radialfasern selbst eingelagert sind oder mit denselben in Verbindung stehen. Meist ist die Doppellage durch eine Schicht feiner Radialfasern getrennt, und da man oft diese Körner nach beiden Seiten hin in feine Fasern auslaufen sieht, so ist ihr Zusammenhang mit den Radialfasern nicht unwahrscheinlich.

Nach innen von der Körnerschicht folgt eine Lage von geschwänzten Nervenzellen, ganz denen der grauen Hirnsubstanz ähnlich, nach allen Seiten hin in feine Nervenfasern auslaufend. Diese Nervenfasern bilden eine Art Netz und ihre Enden treten augenscheinlich, wie man namentlich beim Elephanten gesehen hat, mit den letzten Fasern des Sehnerven in Verbindung.

Diese, die vierte Schicht bildend, breiten sich auf der inneren Fläche der Nervenzellenlage aus und strahlen von dem Eintrittspunkte des Sehnerven nach allen Seiten wie von einem Wirbel aus. Sie laufen also der Krümmung der Netzhaut folgend und die Radialfasern sind senkrecht gegen sie gerichtet.

Neueren Untersuchungen zu Folge setzen auch in der That die letzten Enden der Radialfasern zwischen den feinen blassen, horizontal in der Netzhaut verlaufenden Sehnervenfasern durch, um entweder auf ihrer Außenfläche zu enden, oder aber sich doch mit den letzten Enden der Sehnervenfasern zu verbinden. Wenn dem so ist, so würden die Sehnervenfasern einerseits mit den Nervenzellen, anderseits mit den Radialfasern und diese ebenfalls mit den Nervenzellen zusammenhängen.

Als letzte Lage endlich erscheint, unmittelbar an dem Glaskörper anliegend, eine feine, durchsichtige Begränzungshaut, mit einer Lage von rundlichen Zellen nach innen zu gepflastert.

An dem in der Augenaxe gelegenen gelben Flecke, dessen Farbe durch kein besonderes mikroskopisches Element, sondern durch eine tränkende Flüssigkeit bedingt scheint, finden sich nur Zapfen, keine Stäbchen, so wie durchaus keine Sehnervenfasern, und in der Mitte des Fleckes fehlt auch die Körnerschicht, so daß hier die ganze Netzhaut auf drei Lagen reduzirt ist, nach außen Zapfen, mitten Nervenzellen, nach innen die Begränzungshaut. Da nun gerade an dieser Stelle das schärfste Sehen, die klarsten Bilder ihren Sitz haben, so folgt aus der anatomischen Anordnung mit innerster Nothwendigkeit, daß die Nervenzellen und die Zapfen die wesentlichsten Licht empfindenden Theile, die Sehnervenfasern dagegen nur leitende Apparate sind, welche die in jenen Theilen entstandene Veränderung dem Gehirne zuleiten, selbst aber nicht fähig sind, mehr als bloße Lichtempfindung dem Gehirne zukommen zu lassen. Alles, was das Sehorgan als specifisches Organ konstituirt, das Auffassen der Bilder und der Farben, gehört deßhalb den Stäbchen, Zapfen, Radialfasern und Nervenzellen an — der Sehnerv, ohne diese analysirenden Organe, würde nur Empfindung von Licht und Dunkel gewähren können.

Daß die Netzhaut überhaupt der empfindende, der Sehnerve der dem Gehirne zuleitende Theil des Auges sei, und daß bei Krankheit oder Zerstörung beider Organe Blindheit die nothwendige Folge ist, läßt sich leicht nachweisen. Beiderlei Zustände

begreifen wir unter dem Namen des schwarzen Staares oder der Amaurose. Die äußeren Augentheile sind bei solchen Zuständen meist vollkommen gesund. Das Innere des Sehloches ist klar und rein schwarz, wie bei einem gesunden Auge, und eine Operation, welche die übrigen Augentheile betreffen würde, durchaus unstatthaft. Eben so leicht läßt sich aber auch nachweisen, daß der Sehnerve als solcher keine andere als höchstens Lichtempfindung erzeugen könnte. Gerade diejenige Stelle im Auge, wo die Netzhaut nur aus Sehnervenfasern besteht, die Eintrittsstelle des Sehnerven, ist, wie wir später sehen werden, vollkommen unempfindlich gegen das Licht, so daß wir beständig einen dunklen Fleck in unserem Gesichtskreise mit uns herum tragen.

Die einzelnen Theile des Auges sind indeß nicht nur empfindend und leitend. Wir haben oben gesehen, daß viele Organe, wie die Lider, die Bindehaut, ja auch die weiße Augenhaut nur Schutzorgane sind; andere, wie die Hornhaut, die Linse, der Glaskörper und die wässerige Feuchtigkeit sind dagegen durchsichtige Medien, bestimmt, die Lichtstrahlen auf ihrem Wege nach der empfindenden Netzhaut durchzulassen und durch die Krümmung ihrer Oberflächen so zu brechen, daß sie im Grunde des Auges Bilder erzeugen, welche als solche aufgefaßt werden können. Die Untersuchung der Brechungsverhältnisse im Auge bildet einen der wesentlichsten Gegenstände der Physiologie des Auges, wie der Optik überhaupt.

Schneidet man das Auge eines weißen Kaninchens unmittelbar nach dem Tode aus und hält dasselbe, nachdem man es sorgfältig gereinigt hat, gegen ein Fenster, so erblickt man auf der hinteren Wand des durchscheinenden Auges, dessen Aderhaut durchsichtig und pigmentlos ist, das sehr zierliche Bild des Fensters nebst den draußen befindlichen Gegenständen, verkleinert und verkehrt. Noch besser gelingt der Versuch, wenn man das Auge in eine zusammengewickelte Papierrolle so legt, daß seine Pupille nach vorn schaut und man nun hinten in die Röhre, welche alles seitliche Licht abhält, hineinschaut. Die umgebenden

Gegenstände zeigen sich in wunderbar klaren Bildchen, mit ihren natürlichen Farben, in bestimmter Proportion verkleinert und verkehrt, so daß die Bäume z. B. oben zu wurzeln und ihre Spitze unten zu haben scheinen. Das Auge eines weißen Kaninchens ist deßhalb besonders geeignet zu diesem Versuche, weil seine Aderhaut, wie bei allen Kakerlaken, vollkommen durchscheinend ist; während bei den gewöhnlichen Augen dieselbe schwarz und undurchsichtig erscheint. Um bei einem normalen Auge denselben Versuch anzustellen, müßte man hinten in der Gegend der Augenaxe ein bedeutendes Stück der weißen Augenhaut oder der Sklerotika wegnehmen und dann das schwarze Pigment der Aderhaut wegpinseln, so daß nur die matt durchscheinende Netzhaut überbleibt; — abgesehen von der Langweiligkeit einer solchen Operation würde aber das so behandelte Auge dennoch keine so deutlichen Bilder geben, als das weiße Kaninchenauge, dessen ursprüngliche Gestalt vollkommen erhalten ist, während durch die Wegnahme der weißen Augenhaut nothwendig die Form des Bulbus verändert und dadurch die Reinheit des Bildes gestört werden muß.

Es lehrt dieser einfache, leicht anzustellende Versuch, daß in dem Auge ein optischer Apparat verwirklicht ist, in welchem die umgebenden Gegenstände auf ein kleines, verkehrt stehendes Bild von großer Schärfe und Deutlichkeit reducirt werden, und daß die verschiedenen Theile des Auges so construirt sind, daß dieses Bild auf der Netzhaut sich entwirft. Wir besitzen optische Apparate, welche zu gleichem Zwecke construirt sind und die wir dunkle Kammern, Camera obscura, nennen. Diese Vorrichtungen bestehen, in ihrer einfachsten Construktion, aus einem inwendig schwarz lackirten Kasten, auf dessen einer Fläche eine gläserne Linse, ein Brennglas angebracht ist. Gegenüber diesem Brennglase befindet sich, Statt einer schwarzen Wand, eine mattgeschliffene, durchscheinende Glasplatte. Betrachtet man diese Glasplatte, so zeichnen sich die vor dem Brennglase befindlichen Gegenstände in verkleinertem und verkehrtem Bilde auf derselben; das Bild würde sich schon erzeugen, wenn man nur in

der gehörigen Entfernung hinter dem Brennglase, oder, um den wissenschaftlichen Ausdruck beizubehalten, hinter der Sammellinse die matte Glastafel anbrächte, es würde aber undeutlich, unrein ausfallen, wegen des überall einfallenden, falschen Lichtes; der innen schwarze Kasten, an welchem Sammellinse und Glastafel angebracht sind, dient nur zur Abhaltung dieses falschen Lichtes, zur Absorption aller seitlich einfallenden Strahlen, welche die Reinheit des Bildes beeinträchtigen würden.

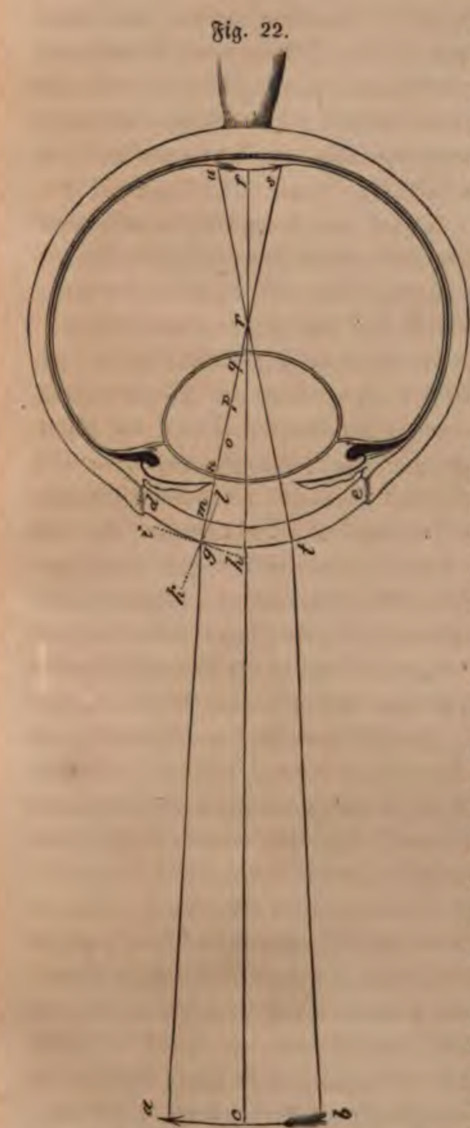
Vergleicht man nun den Bau des Auges mit der Construktion der Camera obscura, so lassen sich sogleich folgende Anhaltspunkte feststellen. Alle durchsichtigen Augentheile, die Hornhaut, die Krystalllinse und der Glaskörper, zeigen keine flachen, sondern bogenförmige Oberflächen, sie stellen in ihrer Gesammtheit eine Sammellinse dar, die aus verschieden brechenden Theilen zusammengesetzt ist. Die Netzhaut, das empfindende Gebilde, entspricht durch ihre Mattigkeit und das Durchscheinende, das sie besitzt, vollkommen der matten Glastafel, während die weiße Augenhaut mit der an ihrer inneren Fläche ausgebreiteten Aderhaut dem innen schwarz lackirten Kasten der Camera obscura sich vergleichen läßt.

Die Lichtstrahlen, welche durch eine Sammellinse mit regelmäßig gebogenen Oberflächen gehen, werden alle in der Weise gebrochen, daß sie in einem bestimmten, hinter der Linse gelegenen Punkte, welcher der Kreuzungspunkt heißt, sich vereinigen. Nur der Axenstrahl, d. h. derjenige Strahl, welcher durch das Centrum der Linse geht, wird ungebrochen in gerader Linie fortgeleitet, alle übrigen Strahlen hingegen werden von der Linse nach dem Axenstrahle hin gebrochen und vereinigen sich mit ihm in dem Brennpunkte oder Kreuzungspunkte. Faßt man daher mit einer Sammellinse das Bild der Sonne, eines kreisrunden Körpers, auf, so bilden die durch die Linse durchgehenden Strahlen einen Kegel, in dessen Spitze sie sich sämmtlich vereinigen und dadurch eine größere Hitze hervorbringen. Wer hat sich nicht schon eines Brennglases bedient, um Zunder anzustecken? Man rufe sich die zu diesem Endzwecke nöthigen Manipulationen

zurück. Anfangs hält man das Brennglas zu nahe, man sieht einen hellen Kreis auf dem Zunder. Man entfernt es; der Kreis wird immer kleiner. Ist man so weit, daß nur ein hellglänzender Punkt sich zeigt, so entbrennt der Zunder. Entfernt man das Brennglas noch mehr, so entsteht von neuem ein Kreis, der um so größer wird, je weiter es von dem Zunder absteht. Die Lichtstrahlen kreuzen sich in dem Brennpunkte und bilden von diesem an auseinandergehend einen zweiten Kegel, dessen Spitze in dem Brennpunkte liegt. Hat man nun zufällig die Sammellinse so gefaßt, daß der eine Finger seitlich auf derselben aufliegt, so daß z. B. ein Theil des linken Randes der Linse von dem Finger beschattet ist, so wird man in dem Kreise, welcher entsteht, bevor der Zunder im Brennpunkte ist, den Schatten des Fingers auf der linken Seite sehen, während bei größerer Entfernung, über den Brennpunkt hinaus, der Schatten des Fingers auf der umgekehrten, also rechten Seite sich findet. Es bedarf nicht mehr, als dieses einfachen Versuches, um sich zu überzeugen, daß die von einer Sammellinse aufgefaßten Strahlen sich wirklich in dem Brennpunkte kreuzen und hinter dem Brennpunkte demnach ein verkehrtes Bild des Gegenstandes bilden müssen, wo rechts und links, oben und unten mit einander verwechselt sind. Die Verhältnisse des Bildes bleiben die nämlichen, nur seine Stellung ist eine verschiedene.

Der oben erwähnte Versuch mit dem Kaninchenauge beweist, daß diese Verhältnisse in dem Auge verwirklicht sind. Den Gang der Lichtstrahlen mag die auf der folgenden Seite eingedruckte Figur versinnlichen. Der Pfeil acb stelle einen zu sehenden Körper vor. Die Lichtstrahlen, welche dieser nach dem Auge absendet, sind alle zwischen den Strahlen ag und bt eingeschlossen. Die mit krummen Flächen begränzte Hornhaut de wird die Strahlen, welche in sie eindringen, brechen, und da sie ein größeres Brechungsverhältniß als die Luft besitzt, so werden die Strahlen gegen die punktirte Linie kl hin gebrochen. (Diese punktirte Linie ist eine senkrechte auf der Tangente ih, die ebenfalls punktirt ist.) Der Strahl ab wird also die Richtung

Fig. 22.



mnopqr nehmen und in dem letzteren Punkte mit dem ebenfalls nach der Mitte zu gebrochenen Strahle bt zusammentreffen. Der Axenstrahl c, welcher auf die Mitte der Hornhautwölbung trifft, wird ungebrochen in gerader Linie durchgehen. Alle diese Strahlen werden also in r, in dem Brennpunkte des Auges, zusammentreffen, und von dort aus weiter nach dem Hintergrunde des Auges gehen. In dem Brennpunkte aber werden sie sich kreuzen, und während der Axenstrahl gerade durch nach f geht, wird der Strahl bt nach u, der Strahl ak nach s gelangen, das verkleinerte Bild suf im Hintergrunde des Auges also verkehrt stehen.

Wir haben, zur Vereinfachung der Demonstration, hier angenommen, als finde nur eine einzige Brechung durch die sphärisch gewölbte Hornhaut Statt. Im Auge selbst tritt aber dadurch eine Complikation ein, daß nicht ein, sondern

mehrere brechende Körper hinter einander aufgestellt sind, deren Effekte zusammengenommen die Herstellung eines verkleinerten Bildes auf der Netzhaut zur Folge haben. Die Hornhaut, mit ihrer kreisförmigen Wölbung, welcher die Fläche der wässerigen Flüssigkeit natürlich folgt, bedingt schon eine bedeutende Brechung der Lichtstrahlen nach der Axe zu, welche noch durch die Krystalllinse verstärkt wird. Dieses aus concentrischen Faserlagen gewobene Gebilde ist vorne mehr flach und einer Ellipse nach gekrümmt, während die hintere Fläche den Abschnitt einer Parabel darstellt. Die praktische Optik hat bis jetzt vergebens versucht, parabolische Linsen darzustellen; ihre Schleifung ist, wie es scheint, eine Unmöglichkeit. Es würde hier zu weit führen, und gehört auch wesentlich einer andern Wissenschaft, der Optik, an, wenn wir zeigen wollten, warum elliptische und namentlich parabolische Oberflächen für Sammellinsen die geeignetsten sind. Bei Linsen, deren Oberflächen Kugelabschnitte darstellen, tritt die sogenannte sphärische Aberration ein; Lichtstrahlen nämlich, welche den Rand der Linse unter einem gewissen Winkel treffen, werden nicht genau in dem Brennpunkt, sondern vor oder hinter demselben gebrochen, und solche Linsen erzeugen daher hinter dem Brennpunkte Bilder, welche nicht rein sind. Man kann diesen Uebelständen, die selbst bei der bestgeformten sphärischen Linse sich zeigen, einestheils dadurch abhelfen, daß man den Rand der Linse den Seitenstrahlen entzieht, indem man eine Blendung vor derselben aufstellt, welche schwarz gefärbt ist und in der Mitte eine mehr oder minder große Oeffnung zeigt. Es werden durch eine solche Blendung die Axenstrahlen und die denselben zunächst liegenden, ziemlich parallelen Strahlen eingelassen, die Randstrahlen aber ausgeschlossen. Es gehört indeß eine genaue Berechnung der Brechungskraft, so wie der gekrümmten Oberfläche der Linse und zugleich eine bestimmte Entfernung des Objektes dazu, um dem Bilde die größtmögliche Schärfe zu geben, und Sammellinsen, welche in verschiedenen Weiten gebraucht werden, bedürfen demnach Blendungen von verschiedener Größe, die man je nach Beschaffenheit und Entfernung des Ob-

jektes wechseln kann. Blendungen sind indeß nie hinreichend, um die sphärische Aberration gänzlich aufzuheben; es gehören dazu noch ferner eine Abänderung der Curven in elliptische und parabolische, und endlich eine Verdünnung der Substanz der Linse selbst am Rande, wodurch die Randstrahlen eine geringere Brechung erleiden, und so wieder in den Brennpunkt gelangen, vor dem sie sich vereinigt haben würden, wenn die Linse in allen ihren Theilen aus derselben, überall gleich dichten Substanz verfertigt wäre.

Die praktische Optik hat diese Bedürfnisse nicht alle in gleichem Maße verwirklichen können. Es ist ihr unmöglich, parabolische Linsen herzustellen; sie kann ihre Linsen nur aus einem Materiale, etwa Glas oder Krystall, schneiden, das überall gleich dicht ist; ihre Blendungen können gewechselt, aber nicht allen möglichen Abstufungen angepaßt werden. In dem Auge hingegen sind alle Bedingungen vereinigt. Die hintere Linsenfläche ist parabolisch, die vordere elliptisch; die äußeren Schichten der Linse sind weniger dicht, brechen das Licht weniger stark, als der innere Kern, und die Randstrahlen werden deßhalb um so weniger gebrochen, je mehr seitlich sie einfallen; endlich hat die Natur in dem beweglichen Vorhange der Iris oder Regenbogenhaut eine veränderliche Blendung hergestellt, welche sich allen verschiedenen Erfordernissen anzupassen vermag und stets der Pupille diejenige Weite giebt, welche zur Herstellung eines scharfen Bildes erforderlich ist. Die Bewegungen der Regenbogenhaut sind unwillkürliche, durch Reflexion bedingte Bewegungen, die mit der Lichtempfindung auf der Netzhaut in Verbindung stehen. Je heftiger der Reiz ist, der diese trifft, desto enger zieht sich die Regenbogenhaut zusammen, desto kleiner wird die Pupille; je mehr wir die Netzhaut bei Betrachtung eines Gegenstandes anstrengen, um so mehr zieht sich die Pupille zusammen und um desto schärfer wird das Bild, das sich der Netzhaut bietet. Zerstörung des Sehnerven, Lähmung der Netzhaut bedingen auch Unbeweglichkeit der Regenbogenhaut und starre Fixation der Pupille, während bei gesundem Sehvermögen diese wunderbare contraktile Blendung in stetem Spiele sich be-

findet, um, je nach dem Bedürfnisse des Sehaktes, die Oeffnung, welche den Lichtstrahlen geboten ist, kleiner oder größer zu stellen.

Der Kreuzungspunkt, welcher durch die Vereinigung der angeführten Mittel hergestellt wird, liegt in dem menschlichen Auge in geringer Entfernung hinter der Linse, etwa in der Hälfte der Länge der Augenachse, in genaueren Maßen 12 Millimeter hinter der Vorderfläche der Hornhaut, oder vier Millimeter hinter der Hinterfläche der Linse. Merkwürdiger Weise ist derselbe Punkt auch das Centrum, um welches unsere Augen bei ihren Bewegungen sich drehen. Wie wir auch unsere Augen stellen mögen, nach oben, unten, außen oder innen, der Kreuzungspunkt bleibt stets an derselben Stelle, er ist zugleich der Drehpunkt für die Bewegungen des Augapfels, der sich in der Augenhöhle wie in einem Nußgelenke umherwälzen kann. Die Kugel, welche sich in einem Nußgelenke befindet, kann nicht seitlich ausweichen, da sie überall in der Peripherie fixirt ist; vermöge ihrer Kugelform aber kann sie sich nach allen Richtungen hin umdrehen, ohne daß ihr Mittelpunkt verändert wird. Es ist eine äußerst merkwürdige Einrichtung bei dem Auge, daß der statische Mittelpunkt, um welchen das Auge durch seine mechanischen Vorrichtungen gedreht wird, zusammenfällt mit dem optischen Mittelpunkte des Organes. Das so eingerichtete Instrument erhält bei möglichster Beweglichkeit zugleich eine außerordentliche Präcision in seinen Bewegungen, während die Punkte der Oberfläche, welche sich über Kreisabschnitte drehen, nur sehr wenig Raumveränderung vorzunehmen haben, um eine bedeutende Axendrehung herzustellen.

Da das Nußgelenk, innerhalb dessen sich die Kugel des Augapfels dreht, nur aus einem Fettpolster besteht, welches eine gewisse Nachgiebigkeit hat, so kann man die ganze Einrichtung auch als ein Nußgelenk ansehen, welches zugleich selbst wieder verschiebbar ist. Es scheint indessen, als ob die Wirkung der Augenmuskeln niemals so weit ginge, den Augapfel selbst zu verschieben, sondern nur zuweilen sich darauf beschränkt, ihn in der Richtung der Sehaxe weiter in die Augenhöhle zurückzuziehen

oder bei Erschlaffung vortreten zu lassen. Viele Säugethiere haben zu dieser Bewegung einen eigenthümlichen Muskel, der bei dem Menschen durch das Zusammenwirken der geraden Augenmuskeln ersetzt wird.

Der schon öfter erwähnte Fundamentalversuch mit dem weißen Kaninchenauge enthält noch mancherlei Folgerungen, welche in der Construktion des Auges als optisches Werkzeug begründet liegen und deren nähere Erörterung zum Begreifen des Sehprozesses höchst wichtig ist: Richtet man das präparirte Kaninchenauge gegen ein Fenster, durch welches sich Häuser, Bäume, Berge in der Ferne, kurz eine ganze Landschaft zeigt, so erhält man auf der hinteren Seite ein verkleinertes Bild, dem das Fenster als Einfassung dient. Je ferner die Gegenstände, desto kleiner erscheinen sie; ein Berg am Horizonte erscheint kaum so groß, als der Schornstein eines gegenüberstehenden Hauses. Es beruht diese Verkleinerung der entfernten Gegenstände, auf welcher unsere ganze Malerkunst, unsere Perspektive beruht, einzig und allein auf der Vergrößerung oder Verkleinerung des Sehwinkels oder Gesichtswinkels, unter welchem die Gegenstände erscheinen. Man halte einen Bleistift von einer gewissen Länge dem Auge in einer Entfernung von 5 oder 6 Zollen gegenüber, und denke sich nun von allen Punkten dieses Bleistiftes Linien nach dem Kreuzungspunkte des Auges gezogen. Das Bleistift wird so zur Basis eines Dreieckes, dessen Spitze in dem Kreuzungspunkte liegt, und wenn ich in der geometrischen Construktion fortfahrend die im Kreuzungspunkte des Auges sich treffenden Linien bis zur Netzhaut verlängere, so erhalte ich auf dieser ein umgekehrtes Bild, das ebenfalls als Basis eines Dreieckes betrachtet werden kann, dessen Spitze im Kreuzungspunkte liegt und dessen Schenkel von den äußersten Strahlen gebildet werden, die von den beiden Enden des Bleistiftes herstammen. Jedes Dreieck besteht aus drei Winkeln; derjenige Winkel, welcher durch die äußersten Strahlen in dem Kreuzungspunkte gebildet wird, heißt der Sehwinkel, unter dem ich das Objekt erblicke.

Je weiter man die Seite eines Dreieckes von der gegenüberstehenden Ecke entfernt, desto kleiner wird der Winkel, unter welchem die beiden Schenkel des Dreieckes in der Spitze zusammentreffen. Je weiter mithin ein Gegenstand von dem Auge entfernt ist, desto kleiner wird der Sehwinkel, unter welchem seine äußersten Strahlen im Kreuzungspunkte zusammentreffen, und desto kleiner wird auch das Bild, welches er auf der Netzhaut erzeugt. Ein Objekt, welches in größerer Nähe einen gewissen Raum darbot, wie z. B. eine Scheibe, wird in größerer Entfernung nur wie ein Stecknadelknopf, noch weiter wie ein Punkt von kaum räumlicher Ausdehnung, endlich gar nicht mehr gesehen; weil bei zu großer Entfernung endlich der Gesichtswinkel auf ein Minimum reducirt wird und kein Bild mehr auf der Netzhaut erzeugt werden kann.

Die Bestimmung des kleinsten Sehwinkels, unter welchem ein Gegenstand noch wahrgenommen werden kann, unterliegt manchen Schwierigkeiten. So viel ich weiß, hat man noch nicht versucht, denselben objektiv zu bestimmen, indem man an ausgeschnittenen Augen versuchte, bis zu welchem Grade ein noch wahrnehmbares Netzhautbildchen im Grunde des Auges entstehen würde; sondern man hat an den Augen lebender Menschen zu bestimmen gesucht, welche Größe ein Objekt haben müsse, um gerade noch wahrgenommen werden zu können, und hat sodann aus den erhaltenen Resultaten, bei den bekannten Dimensionen des Auges, die Größe des Sehwinkels und des Netzhautbildchens berechnet. Es müssen solche Berechnungen etwas Schwankendes haben, da nicht nur die Augen sehr bedeutende individuelle Verschiedenheiten darbieten, sondern auch dasselbe Individuum bei günstiger Stimmung weit schärfer, genauer und klarer sieht, als zu anderen Zeiten. Eben so bieten Farbe, Beleuchtung und Abgränzung des Körpers, welchen man besieht, die mannichfachsten Gründe zu vielfachem Wechsel. Ein scharf und hell beleuchteter weißer Punkt auf schwarzem Grunde kann eine weit geringere Größe besitzen, als ein anderer hellgrauer Punkt auf etwas dunkler grauem Grunde, und während ersterer scharf und

deutlich wahrgenommen wird, läßt letzterer sich nicht mehr erkennen. Indeß bieten solche Messungen stets gewisse Gränzen dar, innerhalb welcher die Körper bei günstiger Beleuchtung wahrgenommen werden. Man hat gefunden, daß Striche, die nur 0,007 Millimeter von einander entfernt, scharf auf Glas eingerissen sind, bei günstiger Beleuchtung und gehöriger Sehweite noch vollkommen deutlich unterschieden werden können, was bei einer Sehweite von 248 Linien im gegebenen Falle ein Netzhautbildchen von etwa einem Zweimalhunderttausendtheil eines Pariser Zolles geben würde, woraus sich ein Sehwinkel von etwa 2—3 Sekunden ergiebt. Gegenstände, welche noch kleinere Netzhautbildchen erzeugen würden und einen noch kleineren Sehwinkel hätten, müßten begreiflicher Weise ganz aus dem Gesichte verschwinden und uns unsichtbar bleiben.

Die Berechnung der Entfernungen, unter welchen uns Gegenstände erscheinen, ist für uns eine oft unwillkürliche Abstraktion aus dem Gesichtswinkel, unter welchem uns bekannte Gegenstände erscheinen, und Leute, für welche diese Bestimmung von Wichtigkeit ist, haben oft Regeln, nach welchen sie die Entfernungen sehr genau abschätzen können. Der Alpenjäger weiß, daß der Gemsbock erst dann sich in gehöriger Schußweite befindet, wenn seine beiden Hörner mit Deutlichkeit unterschieden werden können; dem Schützen ist aus Erfahrung bekannt, daß er bei einer bestimmten Entfernung nicht mehr die Knöpfe an der Uniform seines Feindes unterscheidet, in noch größerer den Pompon und in noch bedeutenderer die Epauletten. Wir wissen ebenfalls aus ungefährer Kenntniß die etwaige Größe eines Hauses, eines Baumes, und bestimmen daraus bei dem Anblicke einer Landschaft die etwaigen Entfernungen. Täuschungen in dieser Hinsicht sind ungemein leicht in solchen Gegenden, wo uns die gewöhnlichen Maßstäbe unserer Berechnung fehlen. In den höheren Gebirgen, wo die Tanne, statt 60 Fuß Höhe, nur 20 erreicht, wo die großartigsten Felsen, die gewaltigsten Gletscher keine anderen Linien und keine anderen Farben bieten als kleine Steine und Stücke Eis, in solchen Gegenden wird das Schätzungs-

vermögen der Entfernung gewaltig betrogen. Man glaubt die kleinsten Ritze, die winzigsten Steinchen zu sehen, wo man nur gewaltige Klüfte und riesige Felsen vor sich hat; man vergißt die Kleinheit der Bäume und sieht so alle Gegenstände viel näher, als sie in der That sind. Wie sehr alle diese Berechnungen der Entfernung aber eben nur Folge der Uebung und der Gewohnheit sind, das zeigen die Kinder, die Blindgeborenen, denen eine Operation das Gesicht wieder giebt. Diese greifen nach dem Monde, als wäre er im Bereiche ihrer Hände, und erst nach und nach lernen sie sehen und nach den Entfernungen abmessen. Das Bild, welches auf unserer Netzhaut entsteht, ist demnach kein körperliches, sondern ein Flächenbild, welches wir mit unserem geistigen Auge, dem Verstande, ebenso zu betrachten uns einüben, als wir die Bilder, welche die Malerei uns vorführt, studiren. Die Entfernung und das Relief der Gegenstände werden uns durch unser Auge nicht unmittelbar gegeben; sie sind erst das Resultat der Uebung, die wir im Gebrauche unseres Instrumentes erlangen, und die Beurtheilung des Reliefs namentlich entsteht für uns nur aus der Beobachtung der Schatten. Die eingegrabenen vertieften Buchstaben eines Siegelringes z. B. erscheinen uns erhaben, sobald wir sie mit einer das Bild umkehrenden Lupe betrachten. Wir kehren dadurch die Schatten ebenfalls um.

Es giebt für jedes Auge eine gewisse Entfernung, in welcher es die Gegenstände am schärfsten und deutlichsten wahrnimmt. Bei gewöhnlichen guten Augen beträgt diese Entfernung etwa acht Zoll; man nennt dies die normale Sehweite. Unwillkürlich bringen wir bei Untersuchung von Gegenständen, die wir bis in ihre kleinsten Einzelheiten betrachten wollen, meist auch beim Lesen, Schreiben, Handarbeiten u. s. w. unser Auge in die Entfernung seiner Sehweite. Ungemein häufig finden sich indeß Abweichungen der Augen von dieser normalen Sehweite. Ist sie geringer, so ist Kurzsichtigkeit — wenn größer, Weitsichtigkeit die Folge, und meist sogar lassen die beiden Augen Unterschiede in ihrer mittleren Sehweite entdecken. Die Ursachen

dieser Abweichungen liegen besonders in größerer oder geringerer Wölbung der lichtbrechenden Oberflächen des Auges. Kurzsichtige haben meist eine stärker gewölbte, Weitsichtige eine mehr flache Hornhaut, und sehr wahrscheinlich liegt bei solchen Individuen, wo eine stärkere oder geringere Wölbung der Hornhaut nicht wahrgenommen werden kann, die Ursache in der Krümmung der Linsenoberflächen, oder auch in der größeren oder geringeren Entfernung der Krystalllinse von der Netzhaut. Junge Leute mit prallem Augapfel sind häufig kurzsichtig wegen zu starker Wölbung der Hornhaut; mit zunehmendem Alter, wo diese Prallheit abnimmt, die Wölbung geringer wird, verliert sich auch die Kurzsichtigkeit, und es begegnet nicht selten, daß solche Leute in höherem Alter weitsichtig werden und nun Sammellinsen gebrauchen müssen, während sie in ihrer Jugend zum Tragen von Zerstreuungsbrillen genöthigt waren. Der Kurzsichtige sieht kleine Gegenstände, denen er sich hinlänglich nähern kann, besser als der Weitsichtige, weil er eben bei größerer Näherung zum Auge einen größeren Gesichtswinkel für dieselben erhält; er braucht aus demselben Grunde weniger Licht als der Weitsichtige und für solche Beschäftigungen, die scharfes Sehen in der Nähe verlangen, ist der Kurzsichtige offenbar begünstigt, während ihm namentlich im Freien der Genuß der Landschaften und Aussichten, die dem Weitsichtigen vergönnt sind, bedeutend verkürzt ist.

Die Beschäftigung des Menschen, sein Stand und seine Lebensart üben, abgesehen von dem Alter, den größten Einfluß auf die Sehweite der Augen aus. Die sitzende Lebensart unserer Jugend, die stete Beschäftigung mit Lesen und Schreiben haben die Kurzsichtigkeit allgemein verbreitet und leider! droht die körperliche Infirmität auch in eine geistige auszuarten. Der Gebrauch von Wandtafeln, Wandkarten und anderweitigen Hülfsmitteln der Art, welche den Schüler zwingen, den Blick zuweilen auf etwas entferntere Gegenstände, als Buch und Heft, zu richten, kann nicht ausreichen, obgleich auch dieses geringe Mittel nicht zu verschmähen ist. Beschäftigung in der freien Natur, eifrigeres Betreiben der Naturwissenschaften, nicht nur in einem Schul-

saale bei pedantischen Büchern, trockenem Pflanzenheu und vermoderten Thierbälgen, sondern draußen bei Wind und Wetter, in Feld und Wald, wäre das rechte Mittel, der Kurzsichtigkeit entgegen zu arbeiten. Statt dessen aber erfindet man Apparate griechischen Namens, worin sieben O's mit einigen Ypsilons abwechselnd sich bestreben, eine Verrenkung der Kinnbacken zu erzeugen! Wie dem auch sei, statistische Untersuchungen haben herausgestellt, daß im Durchschnitte unter hundert Schülern und Studenten von 16—25 Jahren 94 Kurzsichtige sich befinden; daß unter den Gelehrten dies Verhältniß etwas nach Alter und Beschäftigung abnimmt, so daß theoretische Bücherwürmer 84, praktischer beschäftigte Gelehrte nur 63 Prozent Kurzsichtige zählen, während Männer höherer Stände eine noch höhere Verhältnißzahl, nämlich 67 bekommen. Kaufleute, die den größten Theil ihres Lebens am Bureau zubringen, haben 63 Prozent Kurzsichtige, während Ladendiener, Commis, Magazinbeamte, die weniger sitzende Lebensart im Kaufmannsstande führen, 48 Prozent Weitsichtige zählen. Soldaten, Künstler, Schuster und Schneider zählen mehr als die Hälfte Weitsichtiger; Jäger und Ackerbauer endlich zeigen die günstigsten Verhältnisse für die Weitsichtigkeit, indem sich unter ihnen 74 auf hundert finden.

Der so deutlich ausgeprägte Einfluß der Beschäftigung auf die Sehweite der Augen beweist zugleich, daß diese sich in gewisser Gränze den Entfernungen anzupassen vermögen, welche gewöhnlich ihnen dargeboten werden. Es giebt für jedes Auge eine gewisse Entfernung, in welcher es am schärfsten und genauesten sieht; von dieser Sehweite an nehmen die Bilder in der Nähe wie in der Ferne an Deutlichkeit ab. Unser Auge kann sich aber verschiedenen Entfernungen anpassen; es besitzt ein Akkommodationsvermögen, nach welchem es, noch innerhalb der Gränzen der deutlichen Bilder, sich den verschiedenen Entfernungen anzupassen vermag. Ein Individuum, das lange aufmerksam gelesen oder geschrieben hat, und nun plötzlich durch das Fenster nach einem entfernteren Gegenstande, etwa einer Thurmuhr blickt, auf welcher es die Stunde zu sehen gewohnt

ist, sieht in dem ersten Augenblicke das Zifferblatt verwaschen, die Zahlen und Zeiger verschwimmend, und erst nach einigen Sekunden gestaltet sich das Bild schärfer und schärfer, bis man deutlich Ziffern und Zeiger erkennt. Das Auge hat sich hier den verschiedenen Entfernungen, die ihm geboten wurden, angepaßt, und es muß offenbar eine innere Veränderung im Auge vor sich gegangen sein, wodurch die Verhältnisse der optischen, lichtbrechenden Medien zu der Netzhaut in dem Grade verändert wurden, daß nun das Bild der entfernteren Gegenstände deutlich auf derselben entworfen wird. Mittelst des Helmholtz'schen Augenspiegels, durch den man die Bilder erblicken kann, die sich auf der Netzhaut eines lebenden Menschen abspiegeln, kann man sich überzeugen, daß das Auge stets nur auf eine gewisse Entfernung eingestellt ist. Die Bilder der Körper, welche in dieser Entfernung liegen, sind deutlich — alle andere aber undeutlich. Faßt der Mensch einen vor oder hinter dem Körper liegenden Gegenstand ins Auge, so wird das Bild dieses Gegenstandes deutlich, dasjenige des ursprünglich betrachteten Körpers dagegen undeutlich — ein deutlicher Beweis, daß keine Veränderung der Sehaxe, keine Augenbewegung nöthig ist, um die Einstellung zu bewirken, und daß diese im Inneren des Auges vor sich gehe.

Man hat vielfach zu bestimmen gesucht, auf welcher inneren Veränderung dies Akkommodationsvermögen beruhe, ohne zu genügenden Resultaten zu kommen. Die Verhältnisse der kurz- und weitsichtigen Augen mußten zuerst auf die Vermuthung bringen, daß die Hornhaut beim Anpassen an entfernte Gegenstände abgeplattet, beim Nahesehen gewölbt würde; allein unmittelbare Beobachtung scheint diese Annahme nicht zu bestätigen. Eben so wenig hat die Zusammendrückung des Augapfels durch die Muskeln einigen Grund für sich. Die wahrscheinlichste Annahme bleibt noch die, daß die Krystalllinse selbst im Inneren des Auges etwas Weniges vor und rückwärts bewegt werden könne und daß durch diese Veränderung der Entfernung zwischen Krystalllinse und Netzhaut die Akkommodation vermittelt werde. Man hat berechnet, daß es nur eines Vorrückens der Linse von

etwa einem Zehntel einer Linie bedürfe, um das Auge allen möglichen Entfernungen anzupassen, und es ist leicht einzusehen, daß bei der Undurchsichtigkeit der seitlichen Wände des Augapfels, der großen Beweglichkeit desselben und der ziemlich freien Lage, Bewegungen, welche in dem Inneren dieses Organs vor sich gehen und innerhalb des zehnten Theiles einer Linie spielen, gar nicht thatsächlich nachgewiesen werden können. Die Möglichkeit einer solchen Bewegung ist aber allerdings gegeben durch die Art und Weise, mit welcher die Linse an der ihr angewiesenen Stelle im Auge befestigt ist, und namentlich durch die Wirkung des muskulösen Strahlenbandes, combinirt mit der größeren oder geringeren Anfüllung der Choroidealgefäße, durch welche der Raum im Inneren des Augapfels verengert und erweitert werden kann.

Durch mannichfache Versuche läßt sich zeigen, daß die Entfernung der Krystalllinse von der Netzhaut, bei sonst gleich bleibender Beschaffenheit der übrigen Augentheile, einen wesentlichen Einfluß auf die Beschaffenheit der Netzhautbilder üben müsse, und daß die Stellung dieser Bilder bei Entfernung oder Näherung der Gegenstände eine sehr verschiedene sei. Der sogenannte Scheiner'sche Versuch, den Jeder leicht anstellen kann, ist in dieser Beziehung wohl einer der einfachsten Fundamentalversuche. Man sticht mit einer nicht zu dicken Stecknadel in ein Kartenblatt zwei Löcher, welche höchstens zwei Millimeter von einander abstehen, und hält nun das Kartenblatt so vor das Auge, daß man durch beide Löcher zugleich mit dem Auge sieht. Betrachtet man nun eine Stecknadel, die man in verschiedene Entfernungen vor- und rückwärts bewegt, so sieht man dieselbe in der normalen Sehweite des Auges, bei etwa 6—10 Zoll Abstand, einfach. In jeder andern Entfernung, näher und entfernter von dem Auge, wird die Stecknadel doppelt gesehen, und zwar entfernen sich die Doppelbilder um so mehr von einander, je näher oder weiter von dem Auge man die Stecknadel hält. Bringt man dieselbe dem Auge zu nahe und hält man nun das Loch auf der rechten Seite zu, so verschwindet das Doppelbild

auf der linken Seite und umgekehrt; hält man aber die Steckna[illegible] über die Sehweite hinaus und verstopft man nun das Loch auf der rechten Seite, so verschwindet das Doppelbild auf der rechten Seite und nicht auf der linken, wie es bei zu großer Näherung der Fall war.

Die Erklärung dieses Versuches läßt sich bei einigem Nachdenken leicht finden. Die Lichtstrahlen, welche von dem linien- oder punktförmigen Objekte ausgehen, gelangen durch die beiden Löcher des Kartenblattes in das Auge, sie bilden mithin einen Winkel, dessen Spitze in der Stecknadel liegt und dessen Oeffnung von der Entfernung der beiden Löcher von einander abhängt. Durch die Linse werden die Lichtstrahlen nach innen gebrochen, so daß sie sich in einem gewissen Punkte hinter der Linse wieder schneiden müssen. Steht nun die Stecknadel in der richtigen Sehweite, so fällt der Vereinigungspunkt der Lichtstrahlen genau auf die Netzhaut; es entsteht somit auf dieser nur ein einzelnes Bild und es wird demnach auch nur ein einfaches Bild empfunden und gesehen.

Wird hingegen die Stecknadel zu weit von dem Auge entfernt, so wird die Brechung der eintretenden Strahlen so gering, daß sie erst weit hinter der Netzhaut einander schneiden werden. Die Lichtstrahlen treffen demnach auf verschiedene Stellen der Netzhaut und entwerfen dort Bilder, die als verschieden aufgefaßt und empfunden werden. Das Gegentheil findet Statt bei zu großer Näherung; die unter starkem Winkel einfallenden Strahlen werden stark gebrochen und schneiden einander im Inneren des Auges, noch ehe sie zur Netzhaut gelangen, so daß sie auf dieser gekreuzte Bilder entwerfen. Aus dieser Kreuzung im Inneren des Auges erklärt sich dann auch der Umstand, daß bei zu großer Näherung des zu betrachtenden Gegenstandes und beim Zuhalten des einen Loches das Doppelbild der entgegengesetzten Seite verschwindet, während bei übermäßiger Entfernung, wo sich die Strahlen erst hinter der Netzhaut kreuzen würden, das Doppelbild derselben Seite verschwindet.

Dieser einfache Versuch liegt allen denjenigen Einrichtungen zu Grunde, welche man zur Messung der deutlichen Sehweite gebraucht. Diese ist ganz einfach durch den Raum begränzt, innerhalb dessen man die Stecknadel einfach und deutlich sieht. Man bezeichnet die Gränzpunkte dieses Raumes, der stets eine gewisse Länge hat, als Nähe- und Fernpunkt der deutlichen Sehweite. Die genauere Bestimmung dieser Entfernung ist nicht nur für den Gebrauch optischer Instrumente, wie z. B. des Fernrohres und Mikroskopes, sehr wichtig, sondern auch von praktischem Werthe, z. B. für die Feststellung der Kurzsichtigkeit bei Rekruten. Zu diesem letzteren Zwecke wird, um Betrug zu vermeiden, der Versuch in etwas abgeänderter Weise innerhalb eines Apparates angestellt, in welchem man das Objekt, ohne daß es der Beobachter merkt, hin und her rücken kann. Bei solchen genaueren Messungen hat sich denn auch ergeben, daß unser Auge wegen der ungleichen Krümmung der brechenden Flächen niemals gleichzeitig für alle einfallenden Lichtstrahlen eingestellt ist, so daß wir die Körper, welche in horizontalen und vertikalen Ebenen gleich weit von dem Auge entfernt sind, nicht mit gleicher Deutlichkeit sehen. Gewöhnlich ist unser Auge für die Strahlen der horizontalen Ebene und zwar für die Ferne eingerichtet, so daß zu der Nahsicht und zum Erblicken der Gegenstände in gleicher Entfernung, aber in der vertikalen Ebene, eine Akkommodation gehört.

Die Schärfe des Sehens oder die Fähigkeit des Auges, jeden Punkt eines Gegenstandes als genau begränzt zu unterscheiden, hängt durchaus von der genauen Krümmung der brechenden Flächen ab, wodurch die sämmtlichen Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, auch auf demselben Punkte der Netzhaut wieder gesammelt werden. Da indessen diese Bedingung nicht genau für alle Punkte im Raume hergestellt sein kann, so sehen wir nur von einzelnen Punkten richtig construirte Bilder, von anderen aber mehr oder minder große, aus Zerstreuungskreisen bestehende, verwaschene Bilder. Diese Zerstreuungskreise zeigen sich besonders an den Contouren der Gegenstände, sobald diese

nicht vollkommen innerhalb der Sehweite liegen. Ihre Auffassung und richtige Darstellung in der Malerei bedingt die Weichheit der Contouren, welche den ausgebildeten Künstler von dem Anfänger unterscheidet. Gegenstände, deren Ränder besonders auch bei Beleuchtung von verschiedenen Seiten her undeutlich erscheinen, werden dann deutlicher, wenn man eine feine Oeffnung vor das Auge schiebt und so die Zerstreuungskreise aufhebt, die besonders bei stark leuchtenden Körpern in Gestalt von Strahlenbüscheln sich darstellen und so die Auffassung der Form wesentlich stören. Viele bewerkstelligen dies durch starkes Blinzeln, indem sie das Auge bis auf eine geringe Spalte schließen. Bei Augen, welche, wie das meinige, für Lichtbüschel außerordentlich empfindlich sind, genügt aber dieses Mittel nicht, und man muß sich dann durch geeignetes Zusammendrücken der Fingerspitzen eine solche feine Oeffnung herstellen.

Eine sehr wesentliche Bedingung zum deutlichen Sehen ist ferner die Stellung der Bilder auf der Netzhautfläche selbst. Nur diejenigen Axenstrahlen, welche den gelben Fleck und dessen nächste Umgebung treffen, werden deutlich und genau aufgefaßt, so daß also diejenigen Körper, deren Strahlen nur um zehn Grade von der Sehaxe abweichen, schon verwaschen, die weiter abweichenden kaum mehr gesehen werden. Die meisten Menschen haben sich so vollkommen daran gewöhnt, nur die deutlichen, in den gelben Fleck fallenden Bilder aufzufassen, die übrigen schwächeren aber unbeachtet zu lassen, daß der Raum ihres direkten deutlichen Sehens nur ein äußerst kleiner ist. Ebenso aber, wie man sich durch Aufmerksamkeit und festen Willen daran gewöhnen kann, viele Erscheinungen zu sehen, welche der gewöhnlichen Auffassung entgehen, so kann man sich auch daran gewöhnen, diese verwaschenen und undeutlichen Bilder, welche außerhalb des gelben Fleckes und der unmittelbaren Umgebung der Augenaxe fallen, mit größerer Bestimmtheit aufzufassen. Man wird diese Fähigkeit z. B. bei Schulmeistern, die eine zahlreiche Klasse böser Jungen zu beobachten haben, in ausgezeichneter Vollkommenheit entwickelt finden.

Es giebt eine Stelle in der Netzhaut, die zwar innerhalb der Gränze der verwaschenen Bilder liegt, welche aber dennoch vollkommen unempfindlich für die Lichtstrahlen ist. Der alte Physiker Mariotte, dem wir die Bestimmung des Gesetzes vom Luftdrucke und dessen Abnahme nach oben verdanken, hatte schon durch Versuche diese Stelle ermittelt. Um sich von der Thatsache zu überzeugen, bedarf es nur zweier Punkte, die man auf einen weißen Bogen in einer horizontalen Entfernung von zwei bis drei Zollen aufträgt. Man fixire von den drei hier in einer horizontalen Linie angebrachten Punkten

● a ● b ● c

den Punkt a mit dem rechten Auge, während man das linke schließt, so wird man bald nach einigem Suchen und Verändern der Kopfstellung, nach einigem Nähern und Entfernen die richtige Distanz finden, in welcher man den Punkt c nicht mehr sieht. Bei normalsichtigen Menschen wird dies Verschwinden des Punktes c etwa in einer Entfernung von 8 Zollen und besonders dann eintreten, wenn sie etwas links über den Punkt a fixiren. Rückt man nun das Papier näher, so wird der Punkt c wieder sichtbar, während dagegen der Punkt b vollkommen verschwindet. Genauere Bestimmung lehrt nun, daß der von dem verschwindenden Punkte ausgehende Lichtstrahl mit der Sehaxe einen Winkel von 13—17 Graden machen muß, wenn er nicht empfunden werden soll, und daß die Verlängerung des Lichtstrahles genau auf die Eintrittsstelle des Sehnerven fällt. Diese Stelle befindet sich etwa 1,8 Pariser Linien von der Sehaxe nach innen, und die ganze blinde Stelle hat im Auge selbst nicht ganz den Durchmesser einer Pariser Linie und eine rundliche Gestalt. Ueberträgt man dies nach Außen, so findet man, daß die absolut dunkle Stelle in unserem Sehfelde etwa sechs Grade, d. h. einen Platz einnimmt, auf dem etwa eilf einander berührende Vollmonde Raum haben würden. Wie ist es möglich, wird der Leser fragen, daß ein dunkler Fleck von solcher Größe bei unserem gewöhnlichen Sehen gänzlich unserer Auffassung entgeht,

während er doch, wenn wir den Himmel betrachten, uns als ein rundliches Loch in dem blauen Gewölbe erscheinen müßte? — Drei verschiedene Umstände verhindern diese Auffassung des unempfindlichen, blinden Fleckes im Sehfelde. Wir sind gewöhnt, die verschwommenen, außerhalb der Sehaxe liegenden Bilder nur dann aufzufassen, wenn sie etwas Außerordentliches darbieten, eine auffallende Lichtstärke, eine schnelle Bewegung, eine ungewöhnliche Form. Alle diese Charaktere fehlen dem blinden Flecken — das Fehlen der Objekte in diesem Raume, von deren Dasein wir uns durch eine veränderte Augenstellung überzeugen, wird von uns unserem Mangel an Aufmerksamkeit zugeschrieben. — Beim Sehen mit beiden Augen fallen die Lichtstrahlen, welche in dem einen Auge den blinden Fleck treffen, im andern auf eine empfindliche identische Stelle und werden, wie wir im Folgenden sehen werden, deshalb bei der Combination beider Augenbildchen zu einer Empfindung als von beiden Augen gesehen aufgefaßt. — Endlich aber ergänzt unser Bewußtsein die an der blinden Stelle fehlende Empfindung durch die Empfindung der Nachbartheile — es überzieht den blinden Fleck mit den benachbarten Bildern. Deshalb erscheint uns das Loch im Himmel nicht schwarz — unser Bewußtsein streicht ihn mit der umgebenden blauen Himmelsfarbe an. Macht man einen schwarzen Fleck, so groß als der blinde Fleck nach Außen übertragen sein würde, auf ein weißes Papier, so erscheint der Fleck weiß — zieht man eine Linie, die dem blinden Fleck entsprechend unterbrochen ist, so erscheint uns die Linie als ununterbrochen, weil das Bewußtsein ihre Fortsetzung über die unempfindliche Stelle hinaus ergänzt. Wir sehen, wie einer der bewährtesten Forscher sich ausdrückt, den Zusammenhang der Dinge, die in die nicht sichtbare Region des Sehfeldes hineinragen; überhaupt so, wie er am einfachsten und wahrscheinlichsten ist, und es ist dies ein neuer Beweis zu der Erfahrung, daß Vorstellungen, zu denen wir durch Schlüsse, die wir aus unseren Empfindungen ziehen, veranlaßt werden, so mit den Empfindungen selbst verschmelzen

können, daß wir sie nicht mehr zu unterscheiden wissen und das wirklich zu empfinden glauben, was wir uns nur vorstellen.

Wir haben in dem Vorhergehenden das Sehen in einer Weise abgehandelt, als wenn es sich nur auf ein einziges Auge bezöge; zwei Augen zu besitzen ist indeß durchaus kein Luxus, und die Natur hat Vorrichtungen getroffen, welche dahin zielen, diese beiden Instrumente in steter Uebereinstimmung zu erhalten. Wir besitzen zwei Augen und sehen dennoch nur einfach; es fragt sich: wie es komme, daß die beiden, auf unseren Netzhäuten entworfenen Bilder nur als ein einziges aufgefaßt werden? Man hat durch Versuche gefunden, daß alle Bilder einfach empfunden werden, sobald sie in beiden Augen so auf den Netzhäuten sich darstellen, daß sie in gleicher Entfernung von der Sehaxe auf entgegengesetzte Seiten fallen. Ein Gegenstand, dessen Bild im linken Auge eine Linie weit nach außen von dem Ende der Sehaxe (dem gelben Flecken) sich entwirft, wird nur dann einfach gesehen, wenn sein Bild in dem rechten Auge eine Linie weit nach innen sich spiegelt. Man nennt diese Punkte die identischen Punkte der Netzhaut, und alle diejenigen Punkte der beiden Netzhäute sind identisch, die einander decken würden, wenn man die Augen beider Seiten nach der Mittellinie hin übereinander schieben würde. Die innere Seite des einen Auges würde dann die äußere decken, während die beiden Axen dieselben sein würden.

Bei dem gewöhnlichen Sehen richten wir indeß stets unsere Augen so, daß ihre Axen in demjenigen Punkt convergiren, welchen man genauer fixiren will, und es läßt sich leicht durch den einfachsten Versuch beweisen, daß diese Convergenz der beiden Augenaxen wirklich bei dem Fixiren irgend eines Gegenstandes eintritt. Heftet man den Blick auf das Kreuz eines Fensters, hinter welchem in der Ferne ein Thurm steht, so erscheint das Kreuz einfach, der Thurm doppelt, und hält man nun noch den Finger in einiger Entfernung gerade vor die Nase, so erscheint auch dieser doppelt. Schließt man nun das rechte Auge, so verschwindet das Doppelbild des Fingers auf der linken Seite und das Doppelbild des Thurmes auf der rechten

Seite, ein Beweis, daß eine wirkliche Kreuzung der Sehaxen Statt findet.

Die Convergenz der beiden Sehaxen wird uns gewöhnlich dadurch bewußt, daß wir die Entfernung eines Gegenstandes nach ihr abschätzen. Je näher ein Punkt unseren Augen liegt, desto stärker müssen wir die Augenaxen gegen einander richten, um sie auf diesem Punkte sich schneiden zu lassen. Je entfernter der Punkt, desto mehr wird die Richtung der Augenaxen dem Parallelismus sich nähern. Außer der Abstraktion, die wir von der Kenntniß der Größe der Gegenstände und ihrer Abnahme unter einem gewissen Gesichtswinkel entnehmen, ist sicherlich diese gewissermaßen bewußte Auffassung der Convergenz der Augenaxen eines der wesentlichsten Mittel zur Beurtheilung der Entfernung der Gegenstände. Wir sind in der That weit unsicherer in dieser Schätzung, wenn wir nur mit einem Auge einen unbekannten Körper sehen; — da es uns aber gelingt, auch hier ein richtiges Urtheil uns zu bilden, so muß diese Schätzung noch von weiteren Umständen abhängen. Schon oben erwähnten wir, daß bei bekannten Körpern uns die Größe des Sehwinkels, unter welchem wir den Körper sehen, den Maßstab zur Schätzung der Entfernung abgiebt. Außer dem aber haben wir gewiß eben so, wie von der Convergenz der Augenaxen, so auch von der Ausübung des Akkommodationsvermögens im Auge eine bewußte Vorstellung, die sich als Auffassung der Entfernung ausprägt. Endlich helfen wir uns noch durch Beobachtung der Lichtstärke und der Farbe, die freilich äußerst trügerisch sind, bei bekannten Gegenständen aber einen ziemlichen Grad von Sicherheit erreicht. Stärker leuchtende Gegenstände erscheinen uns näher, schwächer leuchtende entfernter. Wird das Medium, durch welches wir bekannte Gegenstände sehen, undurchsichtiger, so erscheinen uns diese ferner. Jedermann weiß aus täglicher Erfahrung, daß nahe Gegenstände beim Nebel in scheinbar weit größerer Entfernung sich zeigen. Die Anwohner von Bergketten benutzen die Durchsichtigkeit der Luft als Barometer. »Die Berge scheinen nahe, es wird bald Regen geben«, hört man oft

in Bern oder ähnlichen Orten auf die Frage nach dem Wett
antworten.

Ein ähnliches Zusammenwirken verschiedener Reflexion
findet bei der Beurtheilung der Körperlichkeit eines Gegenstand
Statt. Gewöhnlich folgt diese daraus, daß man zur Auffassun
der verschiedenen Flächen auch verschiedener Einstellungen d
beiden Augen bedarf und die abweichenden Bilder zu eine
Ganzen combinirt. Hierauf beruht die Einrichtung der sog
nannten Stereoskope, in welchen man vor jedes Auge das g
sonderte Bild eines Körpers bringt, das perspektivisch für dies
Auge entworfen ist, und wo dann durch das Zusammenfalle
der beiden Bilder diese als ein einziger körperlicher Gegenstan
aufgefaßt werden. Sieht man z. B. einen Kegel, dessen Spi
beim Anblicken mit beiden Augen gerade auf uns zugerichte
scheint, bei unverrückter Kopfstellung nur mit einem Auge a
so erscheint uns seine Spitze nach innen gegen die Nase geric
tet; entwirft man sich nun zwei perspektivische Bilder diese
Kegels für beide Augen, so wird in dem für das linke Aug
berechneten Bilde die Spitze nach rechts, in dem für das recht
Auge gezeichneten nach links gerichtet erscheinen; — bring
man nun diese Bilder in der richtigen Sehweite in einem Kaste
z. B. an, wo durch eine mittlere Scheidewand jedes Auge da
ihm zugehörige Bild abgesondert sieht, so werden beide Bilder
gemeinschaftlich als ein körperliches aufgefaßt. Der Eindruck
des Körperlichen kann aber auch beim Sehen mit nur einem
Auge durch eine Reihenfolge schneller Blicke erzeugt werden,
welche die verschiedenen Flächen auffassen und die gesonderten
Eindrücke als ein Ganzes erscheinen lassen. Endlich erscheint
aber auch der Eindruck des Körperlichen bei der unmeßbar
kurzen Beleuchtung durch den elektrischen Funken, den Blitz, bei
welcher eine Wiederholung mehrerer Blicke nicht Statt finden
kann.

Die Kreislinie hat die Eigenschaft, daß alle möglichen
Dreiecke, welche eine gemeinschaftliche Sehne des Kreises zur
Basis haben und deren Spitze in der Peripherie liegt, auch

gleiche Winkel an der Peripherie haben. Bei der Einstellung beider Sehaxen auf einen gewissen Punkt aber bilden die beiden Sehaxen die Schenkel eines Dreieckes, dessen Basis durch die Entfernung der Kreuzungspunkte beider Augen bestimmt ist und dessen Spitze eben in dem Schneidepunkte der Sehaxen liegt. Nimmt man nun diese Entfernung der Kreuzungspunkte beider Augen als die Sehne eines Kreises, dessen Peripherie noch ferner durch den Schneidepunkt der Sehaxen bestimmt ist, so müssen alle Dreiecke, welche man innerhalb dieses Kreises auf der gegebenen Sehne construirt, an der Spitze gleiche Winkel haben, folglich ihre Schenkel unter gleichen Winkeln in die Augen einfallen und an identischen Netzhautstellen gebrochen werden. Man nennt diesen Kreis, welcher durch die Kreuzungspunkte beider Augen und den Schneidepunkt der Augenaxen gelegt ist, den Horopter oder Sehkreis, und es geht aus dem angeführten geometrischen Gesetze hervor, daß alle an der Peripherie des Horopter gelegenen Gegenstände einfach gesehen werden, während die innerhalb sowohl als außerhalb gelegenen Objekte Doppelbilder erzeugen, weil ihre Bilder auf differente Netzhautstellen fallen. Sobald die Sehaxen einander in keinem Punkte schneiden, so kann auch kein Horopter geometrisch construirt und folglich kein einfaches Bild erzeugt werden; wir wissen in der That, daß beim Hinstarren auf einen Gegenstand, wo wir die Augenaxen allmählich parallel mit einander stellen, alle Gegenstände doppelt gesehen werden.

Zu scharfem, deutlichem Einfachsehen mit beiden Augen gehört demnach nothwendig die vollkommene Beweglichkeit der beiden Augäpfel, wodurch die Sehaxen mit gleicher Leichtigkeit nach demselben Punkte gerichtet werden können. Bei verschiedener Schärfe beider Augen gewöhnt man sich indeß sehr leicht, nur das bessere Auge zu gebrauchen und das schwächere gar nicht auf den Gegenstand einzustellen; hierauf, so wie auf manchen anderen krankhaften Verhältnissen, beruht sehr oft das Schielen. Es würde zu weit führen, hier auf die ursächlichen Bedingungen der abnormen Augenstellungen, welche man unter

diesem Ausdrucke begreift, einzugehen; — es ist leicht einz
sehen, welchen Nachtheil eine solche krankhafte Stellung der A
gen, wobei beide Augenaxen nicht auf denselben Punkt ei
gestellt sind, auf den Sehprozeß im Allgemeinen ausüben müss

Jedes auf der Netzhaut erzeugte Bild bedarf einer gewiss
Zeit, während welcher es empfunden wird; die Dauer, so k
sie auch sein mag, läßt sich durch mechanische Verrichtungen b
stimmen. Jeder weiß, daß eine glühende Kohle, die man m
großer Geschwindigkeit im Kreise schwingt, nicht als rund
Körper, sondern als glühender Kreis erscheint. Jedenfalls en
stehen eben so viele Netzhautbildchen bei dem Umschwunge, a
die Kohle Punkte im Raume berührt; die Kohle hat aber ihre
Umschwung vollendet und ein letztes Netzhautbildchen erzeug
ehe die Empfindung des ersten noch verschwunden ist, und so er
scheint sie als feuriger, zusammenhängender Kreis. Eine Meng
niedlicher Spielwerkzeuge beruhen auf dieser Dauer des Net
hautbildchens. Man malt auf eine Scheibe, die man schnel
drehen kann, z. B. einen Seiltänzer in zwölf verschiedene
Stellungen. Auf dem ersten Bildchen steht er aufrecht, in
zweiten erscheint er etwas über dem Seile, im dritten höher
im vierten noch höher, und so fort bis zum letzten, so daß all
verschiedenen Bilder die einzelnen, im Sprunge und Tanze au
dem Seile ausgeführten Bewegungen in rhythmischer Reihen
folge darstellen. Dreht man nun schnell die Scheibe, so schein
der Seiltänzer in lebhafter Tanz- und Sprungbewegung, wei
jedes neue Bildchen erscheint, ehe der Eindruck des alten verschwunden war, und so die Verschmelzung der Bilder den Gesammteindruck der Bewegung hervorruft. Durch Bestimmung der Drehungsgeschwindigkeit solcher Apparate hat man berechnet, daß die Dauer eines Netzhautbildchens etwa 2—3 Tertien betrage, mithin jeder Eindruck, der sich innerhalb dieser Zeit wiederholt, als mit dem vorigen verschmolzen empfunden wird.

Unser Auge ist ein vollkommen achromatisches Werkzeug, d. h. es sieht die Gegenstände in den Farben, welche ihnen zugehören. Indeß kommen nicht selten Menschen vor, welche ein-

zelne Farben nicht unterscheiden können und der bekannte Physiker Dalton namentlich war in diesem Falle. Das Grün eines Buchbaumes, welcher in frischem Blätterschmucke des Frühlinges prangte, schien ihm genau dieselbe Farbe, wie der rothe Uniformrock eines englischen Offiziers. Meistens indeß findet sich diese Unmöglichkeit der Farbenunterscheidung nur bei schwächerem Grade der Färbung, und viele Menschen sind unfähig, solche Grade zu unterscheiden, ohne sich dessen bewußt zu werden. Einer meiner Freunde lernte seinen Fehler erst durch die Frage seiner Frau kennen, welcher er während einer Abwesenheit stets auf rosenrothem Papier geschrieben hatte. Er stand in dem festen Glauben, weißes Papier benutzt zu haben, während die Gattin die Wahl der Farbe als eine zarte symbolische Anspielung betrachtete. Am leichtesten werden die Nuancen des Gelb unterschieden, am schwierigsten die des Roth und des Grün, und bei dem Verwechseln der Farben, welches seltener vorkommt als die mangelhafte Auffassung des Grades und der Nuance, sind es ebenfalls Roth und seine Mischungen, welche am leichtesten der Auffassung entgehen. So giebt es viele Personen, die Ziegelroth, Rostbraun und Dunkelolivengrün nicht zu unterscheiden vermögen, andere Rosenroth, Lila, Violettgrau und Himmelblau, und bei genauerer Untersuchung findet man, daß im Durchschnitte der zehnte bis zwanzigste Mensch an diesem Fehler des mangelhaften Farbensehens leidet.

Das Verhalten unseres Auges zu den Farben der Körper hat zu den vielfältigsten Untersuchungen Veranlassung gegeben, die großentheils nicht ohne Gefahr für das Auge selbst sind. Bekanntlich besteht das weiße Licht aus einer Anzahl verschiedener Strahlen, die durch das Prisma von einander getrennt und isolirt aufgefaßt werden können. Die verschieden gefärbten Strahlen dieser Regenbogenfarben hängen von Wellenschwingungen des Lichtäthers ab, die von verschiedener Länge sind. Der rothe Strahl hat die längsten, der violette die kürzesten Wellen. Die einzelnen Nuancen werden durch Mischungen dieser Grund-

farben hervorgebracht und die Zusammenmischung aller gie wieder das weiße ungefärbte Licht.

Man glaubte nun bisher, daß die Mischfarben, welche au der Vermengung verschiedener Farbestoffe entstehen, demselbe Gesetze folgen, wie die Mischung der gefärbten Lichtstrahle selber. Für den Maler existiren nur drei Grundfarben: Gel Blau und Roth. Die Mischung dieser drei in verschiedene Verhältniß erzeugt alle Farben vom tiefsten Schwarz dur sämmtliche Töne hindurch. Blau und Gelb bildet Grün; Grü mit Roth Braun u. s. w. Neuere Untersuchungen haben abe gezeigt, daß die Mischfarbe, welche wir bei dem Mengen zweie Farbestoffe erblicken, nicht von der Vermischung zweier verschiedener Farbestrahlen abhängt, sondern von der Durchlassung gefärbter Strahlen durch das Gemenge. Die Mischung de Farbestrahlen des Prisma's, die man auch durch den sogenannten Farbenkreisel erzeugen kann (eine Scheibe, auf die man verschiedene Farben aufträgt und die hernach in so schnellem Schwunge herumgedreht wird, daß die Eindrücke dieser Farben sich mischen); diese Mischung liefert das Resultat, daß man fünf Grundfarben: Roth, Gelb, Grün, Blau, Violett, annehmen muß, und daß die Mengung dieser Farbestrahlen ganz andere Töne giebt, als die Mengung der Farbestoffe. Jeder, der sich ein bischen mit Malerei beschäftigt hat, wird sogleich sehen, wie außerordentlich verschieden die nachstehenden Mischungstabellen sind:

Farben		Mischung prismatischer Farbenstrahlen	Mischung von Farbestoffen de der Malerei.
Roth und Violett	giebt	Purpur	Purpur
Roth und Blau	"	Rosa	Violett
Roth und Grün	"	Mattgelb	Grau
Roth und Gelb	"	Orange	Orange
Grün und Blau	"	Blaugrün	Blaugrün
Gelb und Violett	"	Rosa	Grau
Gelb und Blau	"	Weiß	Grün
Gelb und Grün	"	Gelbgrün	Gelbgrün
Grün und Violett	"	Blaßblau	Grau
Blau und Violett	"	Indigoblau	Dunkelviolett.

Gelb und Blau giebt hier Weiß, bei Mischung der Farbestoffe dagegen Grün. Die Erklärung für diesen Unterschied beruht auf dem Durchlassen des Lichtes. Blaue Körper lassen grünes, violettes und blaues Licht durch; gelbe Körper dagegen sind für grünes, rothes und gelbes Licht durchgänglich. In dem gemischten Farbestoffe wird das rothe und gelbe Licht von den blauen Farbetheilchen, das blaue und violette dagegen von den gelben Farbetheilchen zurückgehalten, und nur die grünen Farbestrahlen gehen ungehindert durch beide. Man könnte also wohl sagen, daß bei der Mischung von Farbestrahlen eine direkte positive Mischfarbe erzeugt wird, bei der Mischung von Farbestoffen dagegen eine indirekte negative, bedingt durch die Ausschließung der anders gefärbten Strahlen.

Von besonderer Wichtigkeit für die Beurtheilung der Farben ist nun die Nebeneinanderstellung derselben in der Art, daß verschieden gefärbte Lichtstrahlen gleichzeitig verschiedene Orte der Netzhaut berühren, wodurch Empfindungen und Auffassungen erzeugt werden, welche durchaus verschieden sind von denen, die jeder dieser Lichtstrahlen erzeugt haben würde, wenn er zu verschiedenen Zeiten die Netzhaut getroffen hätte. Der Laie, welcher dem Maler beim Beginnen eines Bildes zuschaut, begreift oft nicht, wie dieser einen Farbenton für einen bestimmten Gegenstand wählen könne, der mit seiner Auffassung der Farbe in direktem Widerspruche steht. Erst wenn das Bild fertig und die anderen Farben durch ihren Contrast jenen Ton hervorgehoben haben, sieht er, daß dieser der richtige war. Zur Hervorbringung dieser Wirkungen gehören indeß mancherlei, zum Theil noch unerforschte Bedingungen. Das weiße Licht nimmt nur dann Nebenfarben oder sogenannte Ergänzungsfarben an, wenn die Farbestrahlen selbst noch mit weißem Lichte gemischt und das Weiß ebenfalls gedämpft ist. Unter diesen Bedingungen sieht man folgende Ergänzungsfarben:

Weißes Licht erscheint Grün, wenn gleichzeitig Roth auffällt
" " " Violett " " Gelb "
" " " Blau " " Orange "

und umgekehrt, es erscheinen die weiß erleuchteten Stellen Rot
Gelb, Orange, wenn andere Orte desselben Auges gleichzeiti
von Grün, Violett, Blau getroffen werden. Da aber bei unse
ren Farbenmischungen niemals rein weißes Licht angewand
wird und wir stets nur verschieden gefärbte Strahlen zusam
men auffassen, so verwickelt sich die Untersuchung weit mehr, un
man kann im Allgemeinen nur den Satz aufstellen: daß di
schwächere Farbe, je näher sie dem Weiß steht, um so meh
mit dem Ergänzungstone der stärkeren Farbe sich mischt, so da
also z. B. ein helles Rosa neben einem tiefen Roth eine grün-
lich-graue Tinte annimmt. Trotz vielfacher Untersuchungen
hängt hier noch Alles von gewissen praktischen Regeln und von
dem ästhetischen Farbensinne nicht nur der Individuen, sondern
auch ganzer Volksstämme ab, die in dieser Beziehung mancher-
lei bemerkenswerthe Verschiedenheiten bieten.

Der Eindruck, den eine lebhafte Farbe auf die Netzhaut macht, verliert sich nach und nach durch eine Reihe von Nachbildern, die in bestimmten, vielleicht nach den einzelnen Individuen verschiedenen Farbenreihen abklingen, und die um so stärker sind, je stärker und länger andauernd der Eindruck war. Zuerst erscheinen diese Nachbilder in den Ergänzungsfarben, später klingen sie unmerklich ab, so daß man nur bei speziell gesteigerter Aufmerksamkeit sie verfolgen kann. Betrachtet man einen hellrothen oder hellgelben Gegenstand lange auf weißem Grunde, bis das Auge ermüdet, und blickt man weg, so erscheint das Ergänzungsbild in grüner oder blauer Farbe. Man hat diese Reaktion der Netzhaut zu mancherlei Spielwerken benutzt, indem man namentlich Portraits mit den Ergänzungsfarben schreiend anmalt, das Gesicht grünlich, den Rock roth, u. s. w. Starrt man solche Bilder längere Zeit an und wirft dann den Blick gegen die Decke des Zimmers, so sieht man das Nachbild des Portraits in seinen natürlichen Farben, welche die complementären der bizarren Färbung sind.

Auf eine besondere Reihe von Erscheinungen, die mehr oder minder fast in jedem Auge vorkommen, verdient hier noch

besonders aufmerksam gemacht zu werden. Es versteht sich wohl von selbst, daß nicht nur von den äußeren Objekten, sondern auch von den im Auge selbst befindlichen Gegenständen Bilder auf der Netzhaut entworfen und empfunden werden, die freilich meist undeutlich und vage sein müssen, da die Gegenstände nicht in gehöriger Sehweite liegen. Sind die verschiedenen vor der Netzhaut gelegenen Theile, welche Lichtstrahlen durchlassen können, vollkommen durchsichtig und wasserklar, so können sie keine Bilder entstehen lassen, während jeder trübe oder undurchsichtige Körper sogleich muß wahrgenommen werden. Die meisten Leute haben kleine Unvollkommenheiten in den durchsichtigen Medien des Auges, welche beim aufmerksamen Schauen in den Himmel oder beim Spähen durch Mikroskope und Fernröhre sich störend in die Sehaxen stellen, meist durch einen Ruck entfernt werden können, zuweilen aber selbst sehr lästig für das Sehen werden. Es stellen sich diese Körper in Gestalt von Perlschnüren, Rosenkränzen, geschlängelten Fäden dar, die stets in derselben Form wieder erscheinen und besonders bei Reizung und beginnender Ermüdung der Netzhäute sehr deutlich in das Gesichtsfeld treten. Wohl alle Mikroskopiker, deren Bekanntschaft ich gemacht, besaßen eine solche Figur, auf welche die Beschäftigung aufmerksam gemacht hat; ich selbst besitze eine solche in Form eines fliegenden Drachen, wie man deren als Spielwerk in die Höhe steigen läßt, und ich erinnere mich, schon in meiner frühesten Jugend auf diese Figur aufmerksam geworden zu sein, die mich damals sehr quälte, da ich sie mit allerlei kindlichen Vorstellungen über den Teufel in Zusammenhang brachte.

Nicht zu verwechseln mit solchen Figuren sind die wirklichen subjektiven Gesichtsphänomene, welche von Reizungen und partiellen Lähmungen der Netzhäute und Sehnerven ausgehen. Der Sehnerve reagirt auf jeden Reiz durch Empfindung seines spezifischen Gebietes, durch Lichtempfindung; was für den Gefühlsnerven der Schmerz ist, das ist für den Sehnerven das Licht, und so wird es begreiflich, daß bei beginnenden Krankheiten der Sehnerven und der Netzhäute, bei großer Reizung derselben

allerlei sonderbare Lichtphantome erscheinen, glänzende Punkt dunkle Stellen, sogenannte fliegende Mücken, welche meist Vo läufer gänzlicher Lähmungen, des schwarzen Staares sind. Scho Mancher, der kleine Trübungen auf der Hornhaut, in der Lins im Glaskörper besaß, die ihn nur einigermaßen genirten, aber nic sehr im Sehen hinderten, hat ein gequältes Leben zugebracht, weil e die Bilder, die auf diese Weise erzeugt wurden, für fliegende Mü cken und Vorboten des schwarzen Staares und völliger Blindhe ansah, während eine genauere Kenntniß der Gesetze des Sehen ihn leicht über die Unvollkommenheit seiner Augen getröstet habe würde.

Fünfzehnter Brief.

Die übrigen Sinne.

Wenn die Mechanik des Auges eben so klar und offen unserem wissenschaftlichen Streben vorliegt, als das Organ selbst an dem Kopfe sich zeigt, so theilt das Gehörorgan mit seiner tiefen, versteckten Lage auch die Verborgenheit seiner Funktionen. Wir wissen, daß wir mit den Ohren hören; — auf welche Weise aber das Hören zu Stande komme, ist bei weitem noch nicht klar, und die vielfachsten Versuche zur Erklärung dieser wichtigen Funktion haben theils an der Unvollkommenheit der Akustik, theils auch an der Mangelhaftigkeit unserer anatomischen Kenntnisse unübersteigliche Hindernisse gefunden. Der größte und wichtigste Theil des Gehörorganes ist in starre Knochen eingeschlossen; tief verborgen wie es ist in der Basis des Schädels, entzieht es sich allen unmittelbaren Beobachtungen während des Lebens. Während wir die Bewegungen, die Veränderungen des inneren Auges, den Gang der Lichtstrahlen in demselben leicht im Leben oder in dem herausgenommenen Auge beobachten können, während unsere Instrumente überall Zugang finden, so ist es bei dem Ohre unmöglich, durch Vivisektionen sich Auskunft über die Funktion der einzelnen Theile zu verschaffen, da die zu solchen Untersuchungen nothwendigen Eingriffe so bedeutend sind, daß es unmöglich ist, reine Schlüsse aus den Resultaten zu ziehen.



Fig. 23. Die Gebilde des Gehörorgans in vergrößertem Maßstabe. Das äußere Ohr führt in den Gehörgang a, der mit dem scheibenförmigen Trommelfelle endet. Die Paukenhöhle ist aufgeschnitten, um die in ihr enthaltenen Theile zu sehen. Aus ihr führt die Eustachische Trompete b in die Rachenhöhle. Die Gehörknöchelchen sind in ihrer Lage. Auf dem Ambose c ist der Kopf des Hammers d eingelenkt, dessen langer Stiel in das Trommelfell eingelassen ist. Der Steigbügel f steht in dem eirunden Fenster des Vorhofes, über welchem die drei halbzirkelförmigen Kanäle sich erheben. Das runde Fenster o führt in die Schnecke, hinter welcher der Hörnerve n zu dem Labyrinthe tritt. Die Proportionen zwischen äußerem und innerem Ohr sind zu Gunsten des letzteren übertrieben.

Das äußere Ohr bildet einen eigenthümlich gewundenen, knorpeligen Halbtrichter, in dessen Mitte sich der Eingang einer Röhre, des Gehörganges befindet, welche quer nach innen in den Kopf hineinführt. An seinem inneren Ende ist der

Gehörgang vollkommen durch eine elastische, quergespannte Haut, das sogenannte Trommelfell, geschlossen. Eine rohe Nachbildung des ganzen äußeren Ohres, Ohrmuschel, Gehörgang und Trommelfell, würde also etwa in der Art auszuführen sein, daß man die Röhre eines gewöhnlichen Blechtrichters an seinem unteren Ende mit einem Stückchen Blase verbände. Offenbar ist das ganze äußere Ohr nur ein Zuleitungsapparat der Schallwellen. Man hat gefunden, daß der Winkel, unter welchem die Muschel vom Schädel absteht, ziemlichen Einfluß auf das Hören hat, daß platt anliegende Ohren nicht so scharf hören, als solche, welche etwa um 30 oder 40 Grad von den Schädelknochen abstehen. Verstopfung des äußeren Gehörganges durch fremde Körper, zu große Anhäufung des Ohrenschmalzes, Unreinlichkeit zieht Verminderung des Hörens, oft selbst fast völlige Taubheit nach sich.

Das Trommelfell, welches nach Außen etwas convex, nach Innen concav ist, scheidet den äußeren Gehörgang von einer zweiten Höhle, der Paukenhöhle ab, welche im Ganzen betrachtet ähnliche Verhältnisse darbietet, wie der äußere Gehörgang. Es ist ein im Knochen ausgehöhlter, rundlicher Raum, der durch eine ziemlich lange Röhre, die Eustachische Trompete genannt, sich in dem oberen Theile der Rachenhöhle, hinter den Nasenöffnungen, am hinteren Gaumen öffnet. Führt man eine eigenthümlich gekrümmte Sonde in die Nase ein und horizontal weiter, bis man hinten an der Wölbung des Rachens anstößt, so trifft man leicht bei einiger Uebung in die offene Mündung der Eustachischen Trompete, deren enger Kanal schief nach außen und oben in die Paukenhöhle oder Trommelhöhle einführt. Diese ist demnach kein durchaus geschlossener Raum, sondern mittelbar, durch Mund und Nase, mit der äußeren Luft in Verbindung gesetzt. Verstopfungen der Trompeten durch Entzündungen und andere krankhafte Veränderungen erscheinen von wesentlichem Einflusse auf das Gehör, welches dadurch dumpfer und schwächer wird; in welcher bestimmten Beziehung sie aber zu den Funktionen des Hörens stehen, ist noch nicht hinlänglich

aufgeklärt. Es scheint indessen, als seien die Eustachischen Trompeten besonders wesentlich als Resonanzapparate und anderntheils als Auswege für die in der Trommelhöhle befindliche Luft bei starken Erschütterungen des Trommelfelles. Bei starken Tönen und Klängen, dem Abfeuern einer Kanone z. B., öffnen wir unwillkürlich den Mund; sicher in der Absicht, um der heftigen einseitigen Erschütterung, welche das Trommelfell bei alleinigem Offensein des äußeren Gehörganges erleiden würde, durch Eröffnen eines von entgegengesetzter Seite herzuführenden Kanales entgegen zu wirken.

Mit der Trommelhöhle in offener Communikation stehen einige in den umliegenden Knochen befindliche Zellen, die namentlich den Zitzenfortsatz des Schläfenbeines anfüllen. Im übrigen ist die Trommelhöhle, mit Ausnahme der Eustachischen Röhre, vollkommen geschlossen und unabhängig von den übrigen Theilen des Gehörorganes. So wie sie von dem äußeren Gehörgange nur durch eine straffe Haut, das Trommelfell, geschieden ist, so finden sich dem Trommelfelle gegenüber, im Hintergrunde der Höhle, zwei andere, ebenfalls nur durch sehnige Häute geschlossene Oeffnungen, deren eine, von eiförmiger Gestalt und deshalb das ovale Fenster genannt, in einen bedeutenden Theil des inneren Ohres, den Vorhof führt, während die andere kleinere Oeffnung, oder das runde Fenster, zur sogenannten Schnecke hinleitet.

Eine merkwürdige Kette kleiner Knöchelchen, der Gehörknöchelchen, ist zwischen dem Trommelfelle einerseits und dem ovalen Fenster anderseits durch die ganze Länge der Trommelhöhle durchgespannt. Das vorderste dieser Knöchelchen, der Hammer, steckt mit seinem Stiele mitten in der Membran des Trommelfelles, so daß dieses nicht im Mindesten erschüttert werden kann, ohne daß der Hammer ebenfalls in Schwingung geriethe; mit seinem hinteren Ende, dem dickeren Kopfe, ist der Hammer an ein zweites, kleineres Knöchelchen eingelenkt, welches der Ambos heißt und etwa die Form eines Backenzahnes mit weit auseinander stehenden Wurzeln hat. Die eine dieser

Wurzeln liegt horizontal, an ihrem Ende befindet sich ein kleines loses Knöpfchen, das Linsenknöchelchen, welches zwischen den Ambos und den Kopf des letzten Knochens, des Steigbügels, eingeschoben ist. Der letzte Name ist gewiß der glücklichst gewählte von allen Bezeichnungen der Ohrknöchelchen; der Steigbügel hat in der That durchaus die Form, wie sie in Europa gebräuchlich ist. Der Knopf des Steigbügels ist mit dem Linsenknöchelchen und durch dieses mit dem Ambos eingelenkt, der Tritt, worauf der Fuß zu stehen kommen würde, ist ebenso in die Membran des eirunden Fensters eingewoben, wie der Hammerstiel in dem Trommelfelle sitzt. Es ist mithin quer durch die Trommelhöhle eine Reihe von beweglich in einander eingelenkter Knöchelchen ausgespannt, mittelst welcher eine direkte Verbindung des Trommelfelles und des ovalen Fensters hergestellt ist; eine Verbindung, welche, wie wir später sehen werden, von der höchsten Wichtigkeit für das Hören selbst ist. Verschiedene kleine Muskelchen gehen von den Knochenwänden der Paukenhöhle an diese beweglichen Knöchelchen, besonders an Hammer und Steigbügel heran, und können ohne Zweifel durch ihre Contraktion die verschiedenen Häute spannen, mit welchen die Knöchelchen in Verbindung stehen.

Das innere Ohr endlich oder das Labyrinth bildet eine nach allen Seiten hin vollkommen geschlossene Höhle, die von den härtesten Knochen des Kopfes, den Felsenbeinen, eingeschlossen ist und mancherlei seltsam gewundene Kanäle darbietet. Höhle und Kanäle sind von schleimigen Häuten ausgekleidet, welche geschlossene Säcke bilden und mit Flüssigkeit erfüllt sind. Als einzelne Theile unterscheidet man daran den Vorhof, eine längliche Höhle, in welche alle übrigen Theile des inneren Gehörorganes einmünden, drei Kanäle in Kreisform, die halbzirkelförmigen Kanäle, welche wie gekrümmte Röhren mit ihren beiden Enden in den Vorhof einmünden, und endlich ein sonderbar gewundenes Organ, die Schnecke, welche vollkommen einer aufgewundenen Schneckenschale gleicht, in deren Innerem noch ein Blatt liegt, welches die gewundene Höhle in zwei Abthei-

langen theilt. Ein weiteres Eingehen auf die feinere Structur aller dieser Theile und besonders der höchst complicirt gebauten Schnecke würde hier um so weniger am Platze sein, als die Beziehung der einzelnen Theile zu dem Gehör selbst durchaus noch nicht erörtert werden konnte.

Das Verhalten der Gehörorgane in der Thierreihe kann schon gewisser Maßen einen Maßstab für die verhältnißmäßige Wichtigkeit der einzelnen Theile desselben abgeben. Zuerst verschwindet die Ohrmuschel, dann der Gehörgang, so daß das Trommelfell nackt und frei auf der äußeren Haut liegt. Bei den Vögeln fehlt schon das äußere Ohr. Dann verschwindet in der Reihe der Reptilien und Amphibien das mittlere Ohr nach und nach, Paukenhöhle und Eustachische Trompete und Gehörknöchelchen, und man muß bei den Fischen das innere Gehörorgan tief in den Kopfknochen versteckt aufsuchen. Die Verkümmerung und Abnahme der Schnecke hält mit derjenigen der Paukenhöhle gleichen Schritt, zuletzt nehmen die halbzirkelförmigen Kanäle einer nach dem andern ab und verschwinden, bis von dem ganzen Gehörorgan nur noch ein einfaches Bläschen, der reducirte Vorhof übrig bleibt, zu welchem der Hörnerve tritt.

So wie am Auge durch die verschiedenen brechenden Medien desselben, Hornhaut, Linse und Glaskörper, ein Zuleitungsapparat hergestellt ist, durch welchen die Lichtstrahlen erst dem eigentlich empfindenden Apparate, der Netzhaut, zugeleitet werden, so sind auch in dem Gehörorgane äußeres Ohr und Paukenhöhle nur Leitungs- und Verstärkungsapparate der Schallwellen, welche dem Hörnerven zugeführt und von diesem empfunden werden. Es können im Gehörorgan demnach nur diejenigen Theile wirklich schallempfindend sein, auf welchen der Hörnerve sich verzweigt, nämlich die innerste Membran des Vorhofes und das Spiralblatt, welches in der Schnecke sich befindet. Die Bogengänge des Labyrinthes erhalten durchaus keine Nervenfasern; diese gehen nicht weiter als an die blasenartigen Enden, womit die Bogengänge am Vorhofe beginnen und welche man Ampullen nennt. Weiter erstrecken sich die Nerven nicht;

die Röhren der halbzirkelförmigen Kanäle sind demnach keine schallempfindenden Organe, sondern eines andern, bis jetzt durchaus unbekannten Zweckes wegen vorhanden.

Ein elastischer Körper, welcher von einem anderen gestoßen wird, geräth in wellenartige Schwingungen, welche von unserem Gehörorgane als Schall aufgefaßt werden. Jeder einfache Stoß erzeugt eine einfache Welle und somit auch nur eine einfache Schallempfindung; werden die Stöße und die dadurch erzeugten Wellen häufiger, so entsteht das Geräusch und endlich, wenn die Stöße so häufig werden, daß das Gehörorgan sie nicht mehr in seinen Einzelheiten unterscheiden kann, so entsteht der Ton, der mithin stets das Resultat einer bestimmten Anzahl von Wellenbewegungen eines durch Stöße in schwingende Bewegung versetzten Körpers ist. Je mehr Schwingungen der Körper in einer bestimmten Zeit macht, desto höher ist der Ton, welchen er hervorbringt. Unser Gehörorgan hat gewisse Gränzen, unterhalb und oberhalb welcher es den Ton nicht mehr vernimmt; der tiefste, wahrnehmbare Ton beträgt etwa 14 bis 16 Schwingungen in der Sekunde, und bei dieser Zahl schon gleicht er mehr einem brummenden Geräusch, als einem wahren Tone. Der höchste Ton, welchen unser Gehörorgan aufzufassen vermag, wird wohl an 70,000 Schwingungen in der Sekunde erreichen. Es mag wohl keinem Zweifel unterliegen, daß noch höhere Töne existiren, deren Auffassung unserem Ohr unmöglich ist, und viele Erscheinungen lassen darauf schließen, daß die Ohren mancher Thiere gerade auf solche feinere Töne eingerichtet sind. Schon bei den einzelnen Menschen zeigen sich deutliche Verschiedenheiten, selbst wenn sonst ihr Gehör so ziemlich an Schärfe gleich ist, und während der Eine noch einen sehr hohen Ton hört, so entgeht dieser dem Andern durchaus. Der Schrei der Fledermaus steht fast an der Gränze des menschlichen Auffassungsvermögens und gar Viele haben ihn nie gehört; — es ist wohl nicht wahrscheinlich, daß die Natur einem Geschöpfe einen Lockton gegeben habe, der an der Gränze des Auffassungsvermögens überhaupt steht.

Die Schallwellen, welche ein schwingender Körper erzeugt, theilen sich allen Körpern in seiner Umgebung mit, allein nicht überall in gleichem Grade. Schwingungen fester Körper theilen sich am leichtesten wieder festen Körpern mit, in welchen auch die Schallwellen am Vollständigsten fortgeleitet werden; Uebertragung von Tonschwingungen fester Körper auf flüssige geschieht schon schwerer, und am Unvollständigsten findet sie von festen auf luftförmige Körper Statt. Ein gleiches Verhältniß findet sich, wenn die Uebertragung in umgekehrter Reihe geschehen soll. Atmosphärische Luft, in Schwingungen versetzt, theilt dieselbe nur sehr schwer flüssigen und festen Körpern mit, während in Flüssigkeiten erzeugte Schwingungen sich sehr stark auf feste Körper übertragen. Die Mittheilungsfähigkeit wird indessen bedeutend erhöht, sobald gespannte, elastische Membranen und nicht durchaus solide Körper die Vermittler bilden. So theilen sich die Schallwellen der Luft dem Wasser sehr leicht mit, wenn sie erst durch eine gespannte Haut aufgefaßt werden; ebenso geschieht die Mittheilung von der Luft aus an feste Körper sehr leicht und vollständig, wenn diese letzteren mit einer gespannten Membran in Verbindung gesetzt werden.

Betrachtet man nun die Bildung des Gehörorganes im Vergleiche zu den angeführten Gesetzen der Leitung des Schalles, so erscheint dasselbe vorzüglich darauf berechnet, in seinem äußeren und mittleren Theile eine möglichst vollständige Leitung der Schallwellen nach dem inneren Labyrinthe, dem eigentlich empfindenden Apparate, herzustellen. Die von der Ohrmuschel aufgefaßten Tonschwingungen der Luft werden durch ein Hörrohr, den Gehörgang, nach innen gegen eine ausgespannte elastische Membran, das Trommelfell, geleitet, welches offenbar den Zweck hat, die möglichst vollständige Uebertragung der Schallwellen auf die aus festen Körpern zusammengesetzte Kette der Gehörknöchelchen zu vermitteln. Diese setzen die Schallwellen nach innen bis zu dem ovalen Fenster fort, einer zweiten gespannten Membran, welche die Schallwellen mit großer Leichtigkeit der Labyrinth-

flüssigkeit mittheilt, durch welche dann endlich der Hörnerve afficirt wird.

Im Ganzen liegt die genauere Analyse des Hörens noch sehr im Argen, da namentlich die Akustik noch nicht weit genug vorgeschritten ist, um über eine Menge Fragen, welche Anatomie und Funktionenlehre aufwerfen, Rechenschaft geben zu können. Man hat sich viel damit abgequält, zu untersuchen, wie es zugehen könne, daß man mehrere Töne zugleich höre; welche Funktion einzelne Theile, wie Schnecke und Kanäle, haben — die Entscheidung dieser Fragen ist unmöglich.

Die Nasenhöhle ist bekanntlich der Sitz des **Geruchsinnes**, der indessen bei weitem nicht in ihrer ganzen Ausbreitung, sondern nur in dem oberen Theile der Nasescheidewand und den beiden oberen Muscheln durch die Fasern des ersten Paares, des Geruchsnerven, vermittelt wird. Der untere Nasengang, durch welchen bei dem Athmen die Luft gewöhnlich streicht, ist eben so unempfindlich für die Geruchseindrücke, wie die mannichfaltigen Nebenhöhlen der Nase, die zwischen den beiden Platten des Stirnbeines hinter und über den Augenbrauen, sowie in den Aushöhlungen des Wangenbeines und des Keilbeines an der Schädelbasis gelegen sind. Die ganze Ausbreitung der Nasenhöhle und dieser Nebenhöhlen ist mit der Riechschleimhaut ausgekleidet, als deren wesentlichstes Element sich ein Flimmerüberzug zeigt, der in beständiger Bewegung einen fortdauernden Strom der Flüssigkeiten auf der Schleimhaut unterhält. Die Zellen, auf welchen die schwingenden Wimpern stehen, sind außerordentlich empfindlich gegen Reagentien aller Art, sogar im Wasser verändern sie augenblicklich durch Aufquellen ihre Gestalt. Eben so leicht lösen sich diese Zellen los; man braucht nur mit einer Federspule die Nasenschleimhaut ein wenig zu kratzen, um dann in dem Schleime eine Menge losgelöster, noch wirbelnder Zellen zu finden. Beim Schnupfen lösen sie sich in Haufen los, sobald die Periode des stärkeren Ausflusses eingetreten ist. Die Existenz dieses Wimperüberzuges sowie seine unveränderte Gestalt scheinen indeß wesentliche Bedingungen für

den Geruch zu sein. Jedermann weiß, daß bei einem Schnupfen der Geruch in der bezeichneten Periode entweder gänzlich aufgehoben, oder doch wenigstens sehr abgestumpft ist. Ein einfacher Versuch bestätigt dies Ergebniß. Man kann die Nasenhöhlen eines auf dem Rücken liegenden Menschen, der den Kopf hintenüber hängen läßt, vollständig mit Wasser füllen, ohne daß dieses durch die hinteren Gaumenöffnungen abfließt. Läßt man nun dieses Wasser einige Zeit lang in der Nase, so daß es eine Wirkung auf den Wimperüberzug ausüben kann, so ist auch nach dem Ausfließen des Wassers die Geruchsempfindung für einige Zeit aufgehoben und kehrt erst allmählich wieder.

Der erwähnte Versuch kann in zweckmäßiger Weise abgeändert noch über manche andere Verhältnisse belehren. Nimmt man Statt reinen Wassers ein riechendes Wasser, z. B. solches, worin man einige Tropfen kölnischen Wassers geschüttet hat, so hat der Mensch dennoch schon bei dem Eingießen nicht die mindeste Geruchsempfindung. Die Riechstoffe müssen demnach, wenn sie einen Eindruck erzeugen wollen, stets in luftförmigem Zustande der Schleimhaut zugeführt werden, und nur solche Körper werden gerochen, welche eine gasförmige Ausdünstung von sich geben. Man hat Messungen angestellt, um die Gränzen der Empfindung einzelner stark riechender Körper zu bestimmen, und ist dabei zu wirklich erstaunlichen Resultaten für die Schärfe dieses Sinnes gekommen. Ein Luftraum, der höchstens ein Zehn-Milliontel seines Volumens von dem Dampfe des Rosenöles enthält, riecht noch sehr deutlich, und eine Flüssigkeit, die ein Zwei-Milliontel eines Milligrammes feinen Moschus enthielt, ließ ebenfalls noch deutlich den Geruch erkennen. Mancherlei Nebenbedingungen unterstützen aber die Empfindung. Dahin gehört namentlich die Bewegung des Luftstromes, besonders durch Schnüffeln, und die Erhaltung einer gewissen Temperatur. Wir halten den Athem an, wenn wir die Gerüche nicht empfinden wollen, und können auf diese Weise je durch Verstärkung oder Verminderung des hin- und herziehenden Luftstromes auch die Empfindung verstärken oder vermindern.

Mit den eigentlichen Geruchsempfindungen, deren genauere Wirkung uns durchaus unbekannt ist, darf man die feinen Tastempfindungen nicht verwechseln, welche in der Nasenschleimhaut ihren Sitz haben und dort durch den Nasenast des fünften Nervenpaares vermittelt werden. Die eigenthümliche Empfindung, welche der Salmiakgeist z. B. erregt, ist nicht eine Geruchsempfindung, sondern ein Tasteindruck, bedingt durch das Anätzen der Nasenschleimhaut. Viele Empfindungen mögen gewissermaßen aus beiden Eindrücken, aus Geruchs- und Tastempfindung, combinirt sein.

Die Rolle, welche der Geruchsinn dem allgemeinen Befinden gegenüber spielt, ist individuell außerordentlich verschieden. Menschen mit stumpfer Nase tragen den Geruchsempfindungen meist gar keine Rechnung, während bei anderen dieser Sinn vor allen anderen über Lust und Unlust, Behagen und Unbehagen entscheidet. Verschiedene Stimmungen des Centralnervensystemes ändern wesentlich das Verhalten gegenüber verschiedenen Geruchsempfindungen. Schon Mancher hat mit Erstaunen wahrnehmen müssen, daß Frauen, welche Blumen leidenschaftlich liebten, dieselben verabscheuten, nachdem sie hysterisch geworden waren und dagegen den Geruch des Teufelsdreckes oder gebrannter Federn allen anderen vorzogen.

Schon in einem früheren Briefe berührten wir die verschiedenen Verhältnisse, welche zur Geschmacksempfindung mitwirken. Wir sahen, daß die Zunge nicht allein der Verbreitungsort des eigentlichen Geschmacksnerven, sondern auch der Sitz eines höchst feinen Tastgefühles sei, und daß dasjenige, was wir als Geschmack bezeichnen, meistens eine Combination von Tastempfindung und eigentlicher Geschmacksempfindung sei. Der wahre Geschmack wird erst in den hinteren Theilen der Mundhöhle, sowohl an der Zunge, als auch an dem Gaumenbogen erzeugt, und eine wesentliche Mitbedingung für seine Empfindung scheint die Bewegung dieser Theile zu sein. Alle Geschmacksempfindungen, die man durch einfaches Betupfen der unbeweglich gehaltenen Theile erzeugt, sind durchaus unbestimmt, verwaschen,

oder selbst so undeutlich, daß man sich keine Rechenschaft von ihnen geben kann. In demselben Augenblicke aber, in welchem eine Schluckbewegung gemacht oder die Zunge im Munde herumgewälzt wird, tritt auch die Empfindung auf das Deutlichste hervor. Jedenfalls besitzt die Zungenwurzel nicht nur die größte Empfänglichkeit für Geschmackseindrücke überhaupt, sondern auch die feinste Unterscheidungsfähigkeit, weshalb denn auch z. B. Weintrinker, welche die feineren Geschmäcke unterscheiden wollen, die Zungenwurzel mit dem Weine gurgeln, bevor sie ihn hinabschlucken. Die Feinheit des Geschmackes selbst ist außerordentlich verschieden, je nach den Individuen und nach den schmeckenden Körpern, die stets in wässeriger Lösung geboten werden müssen. Eine Flüssigkeit, die $\frac{1}{100}$ ihres Gewichtes Rohrzucker enthält, schmeckt nicht mehr süß. Die Grenze des Geschmackes für das Kochsalz findet sich etwa bei $\frac{1}{500}$, für wasserfreie Schwefelsäure und schwefelsaures Chinin etwa bei $\frac{1}{1000000}$. Bei allen solchen Messungen muß man indeß berücksichtigen, daß auch die absolute Menge einen Einfluß hat, und daß deshalb ein Tropfen einer solchen verdünnten Flüssigkeit weniger geeignet ist, eine Geschmacksempfindung hervorzurufen, als wenn man die ganze Mundhöhlung mit der Flüssigkeit füllt.

Wir müssen den Tastsinn, welcher übrigens in unserer ganzen Haut ausgebildet ist, wohl unterscheiden von dem allgemeinen Schmerzgefühl, welches jeder Empfindungsnerve erzeugt, und das auch zu Stande kommen kann, wenn das tastende Organ, die Haut, entfernt ist. Schon früher, als wir von den Eigenschaften der Nerven sprachen, machten wir darauf aufmerksam, daß die Verwundung oder Erregung eines empfindenden Nerven stets nur Schmerz erzeuge, der von dem Auffassungsvermögen an dem Orte der Nervenausbreitung selbst lokalisirt werde. Weitere Vorstellungen, wie sie bei dem Tasten, dem Fühlen auf der äußeren Haut entstehen, sind mit den Schmerzempfindungen nicht verbunden, und es sind demnach diese Tastvorstellungen wesentlich an den Bau der äußeren Haut geknüpft. Ueber diesen aber streitet man noch theilweise hin und her. An

den feinfühlendsten Stellen, wie in der Innenfläche der Finger, an der Zungenspitze, an den Lippen findet man eigenthümliche rundliche Gebilde, die wie aus aufeinander liegenden Blättern aufgeschichtet aussehen und zu welchen die Nervenenden hintreten. Die Einen behaupten, daß die Nervenröhren in diesen sogenannten Tastkörperchen oder Axenkörpern selbst enden und daß die übrigen Hautwärzchen nur Gefäßschlingen, aber keine Nervenendigungen enthalten; die Anderen dagegen vertheidigen eben so hartnäckig ihre Ansicht, nach welchen Nervenschlingen in allen Hautwärzchen vorkommen und die Axenkörperchen von diesen Nervenschlingen umsponnen werden. Wie dem auch sei, so viel ist gewiß, daß diese eigenthümlichen Gebilde irgend eine Beziehung zu den Tastempfindungen der Haut haben müssen, wenn auch diese nicht einzig durch sie vermittelt werden. Ferneren Untersuchungen bleibt es vorbehalten, zu bestimmen, welcher Art diese Beziehung sei.

Die Schärfe des Tastsinnes ist nicht nur bei den verschiedenen Individuen, sondern auch an den verschiedenen Hauttheilen großen Ungleichheiten unterworfen. Wie ausgezeichnet fein die Blinden fühlen, wie genau sie sich durch Beachtung der geringfügigsten Eindrücke, welche ihre Haut treffen, von verschiedenen Raumverhältnissen Rechenschaft geben können, welche wir durch unser Gesicht zu ermessen gewohnt sind, weiß Jedermann; der Tastsinn, durch seine feine Ausbildung, ersetzt hier gewissermaßen den Gesichtssinn, und der Blinde hat sich gewöhnt, von ihm Vorstellungen aufzunehmen, die uns nur durch den Gesichtssinn vermittelt werden. Man hat indessen, so viel ich weiß, noch keine vergleichende Beobachtung über die absolute Schärfe des Tastsinnes bei Blinden gemacht, welche in der Art, wie die Untersuchungen über die einzelnen Körpertheile, ein genaues Maß für den Tastsinn derselben abgäben. Es würden solche Untersuchungen nicht unwichtig sein für die Ansicht, welche man überhaupt sich von dem Tastsinne zu machen hat; es würde sich dabei herausstellen, ob die Sinne in materieller Hinsicht einer Verfeinerung fähig sind, oder ob das feinere Tastgefühl, welches wir bei den

Blinden beobachten, nur eine Folge der Ausbildung des Vorstellungsvermögens ist, wodurch der Blinde die Eindrücke, die er empfängt, zu einem objektiven Anschauungsbilde umwandelt. Wir Sehenden, wenn wir eine Münze bei geschlossenen Augen betasten, fühlen vielleicht alle Vorsprünge der Buchstaben, des geprägten Kopfes eben so gut, als ein Blinder, allein wir vermögen nicht die einzelnen Eindrücke zu einem Gesammtbilde zu vereinigen, wie der Blinde es thut.

Man hat die Schärfe des Tastgefühles an verschiedenen Theilen des Körpers in der Weise gemessen, daß man einen Zirkel aufsetzte, dessen Spitzen mit kleinen Korkstückchen maskirt waren. Man maß nun, wie weit man die Zirkelspitzen auseinander setzen mußte, um ihre beiden Eindrücke als getrennte zu empfinden, und indem man diese Methode über den ganzen Körper ausdehnte, konnte man eine vergleichende Tabelle der Schärfe des Tastgefühles unserer Hautoberfläche aufstellen, die indeß immer noch viel Willkürliches hat, da nicht nur die Werthe auf beiden Körperhälften verschieden ausfallen, sondern auch die Richtung des Aufsetzens der Zirkelspitzen, so wie die Methode selbst, manche Irrthümer herbeiführen können. So unterscheidet man an den meisten Theilen, besonders den Extremitäten, die beiden Zirkelspitzen weit leichter, wenn sie in der Quere gestellt werden, als wenn sie in der Längenaxe des Gliedes die Haut berühren. Ebenso ist der Uebergang von dem Gefühle als einfacher Punkt zu der Unterscheidung der beiden Zirkelspitzen ein allmählicher; der Punkt scheint sich bei Oeffnung der Spitzen auszudehnen, zu wachsen, eine elliptische Gestalt anzunehmen, bis endlich die beiden Endpunkte der Axe der Ellipse sich trennen und als zwei selbstständige Punkte gefühlt werden.

Die Zungenspitze ist der feinfühlendste Theil des Körpers; man unterscheidet noch die Zirkelspitzen, wenn ihre Entfernung nur eine halbe Linie beträgt. Nach der Zungenspitze folgen die innern Flächen der letzten Fingerglieder, mit welchen wir gewöhnlich tasten und deren Schärfe im Mittel 7 Zehntel einer Linie beträgt; die rothen Theile der Lippen, die innern Flächen der

zweiten und dritten Fingerglieder fühlen eine Entfernung von anderthalb Linien im Durchschnitte; die Nasenspitze, Seite und Rücken der Zunge, die äußeren Theile der Lippen schwanken zwischen 2—3 Linien, die Rückenfläche der Finger, die Wange zeigen eine Verhältnißzahl von 4 Linien und etwas mehr. Weitere ungefähre Verhältnißzahlen sind : Stirne 6 Linien. Scheitel 9½ Linien. Kniescheibe 10 Linien. Fußrücken 12 Linien. Oberarm 14 Linien. Hinterbacke 13 Linien. Oberer Theil des Rückens in der Mittellinie 19 Linien. Rückenwirbelsäule in der Mitte 24 Linien. Man sieht demnach, daß auf der Mitte des Rückens eine Unsicherheit von mehr als zwei Zollen für einen Eindruck existiren muß, und wir wissen sehr wohl aus eigener Erfahrung, daß diese wirklich existirt. Auch auf den andern Körpertheilen herrscht eine je nach Verhältniß größere oder kleinere Unsicherheit in der Empfindung, und es liegt nur in dieser Unsicherheit der Grund, daß wir einen Floh z. B., der uns sticht, nicht unmittelbar fangen, sondern meist daneben tappen, wenn wir ihn nicht sehen, eben weil das punktgroße Geschöpf der Unsicherheit in der Lokalisation der Empfindung nicht entspricht.

Durch den Druck, welchen schwerere Körper auf eine Stelle unserer Haut ausüben, wird eine Empfindung erzeugt, deren Größe wir gewissermaßen abzuschätzen vermögen, so daß man, wenn auch nicht ganz mit Recht, von einem Drucksinn der Haut reden kann. Die Feinheit dieser Empfindungen ist indessen bei weitem nicht so bedeutend, als diejenige der Tastgefühle, und deshalb der Unterschied zwischen den einzelnen Körperstellen auch bei weitem weniger bedeutend. Unterschiede zwischen verschiedenen Gewichten, die eine gleiche Grundfläche haben, werden bei ruhig gehaltenem Arme z. B. nur dann einigermaßen genauer gefühlt, wenn der Wechsel schnell vorgenommen wird. Ist einmal einige Zeit verstrichen, so darf man nicht erwarten, bei einem Zweipfundsteine z. B. einen Unterschied von mehreren Lothen abschätzen zu können. Die Bestimmung des absoluten Gewichtes von Körpern, die wir mit der Hand vornehmen, beruht weit weniger auf diesem Drucksinne, als auf der Ab-

schätzung der Kraft, die wir zum Heben einer Last nöthig haben. Auch diese Abschätzung ist durchaus ungenau, kann aber durch Uebung innerhalb gewisser Gränzen bis zu einer gewissen Vollkommenheit gebracht werden.

Die Wärmeempfindung, deren die Haut fähig ist, bezieht sich besonders auf die Schwankungen der äußeren Temperatur, nicht aber auf einen constanten Grad derselben. Innerhalb der Gränzen von 10° C. bis zu 46° C. vermag die Haut noch Unterschiede von einigen Zehntel Graden mit ziemlicher Genauigkeit anzugeben; doch steht die Empfindlichkeit der einzelnen Hautstellen nicht ganz in direktem Verhältnisse zu dem Nervenreichthum und der Feinheit der Tastempfindung. Schon früher machten wir darauf aufmerksam, daß unsere Haut nicht nur empfindlich ist für die Verschiedenheit der Wärmegrade, von denen sie getroffen wird, sondern auch für die absolute Menge von Wärme, die in einer gewissen Zeit in sie überströmt, was von der Leitungsfähigkeit der Körper abhängt. Deshalb werden wir auch empfindlicher von der Wärme und Kälte getroffen, je nachdem die Fläche der Haut, welche die Empfindung vermittelt, größer oder geringer ist. Heißes Wasser erscheint uns weniger heiß, wenn wir die Spitze des Fingers, als wenn wir die ganze Hand hineintauchen. Im Uebrigen aber hängt die Empfindung von Wärme oder Kälte außerordentlich von dem Temperaturgrade ab, an den man sich gerade gewöhnt hat. Ein Keller, der tief genug ist, um während des ganzen Jahres eine constante Temperatur zu zeigen, erscheint uns im Sommer kalt, im Winter warm; und Humboldt erzählt, daß er in Caracas vor Kälte schlotterte, als einmal das Thermometer während weniger Stunden etwa um zehn Grade gefallen war, wobei es sich aber dennoch auf der Höhe der Blutwärme erhielt.

Die Haut mit ihren verschiedenen Empfindungen ist von jeher der Spielraum für alle möglichen Träumereien gewesen. Man glaubte sich berechtigt, den Tastsinn als den Mutterboden aller anderen Sinne aufzufassen und ihn sogar für diese Ersatz leisten zu lassen. Man sollte wirklich mit der Haut hören, sehen,

riechen und schmecken, und man erzählte die wunderlichsten Geschichten zur Unterstützung dieser Behauptung. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Hautempfindungen bei gewissen Stimmungen des Centralnervensystemes eben so gesteigert werden können, wie diejenigen der anderen Sinne; — daß die Haut für Luftströmungen, Wärmeunterschiede und ähnliche Eindrücke empfindlich werden kann, die wir in gewöhnlichen Zuständen nicht auffassen, und daß aus solchen an uns vorübergehenden Eindrücken das gereizte Gehirn Vorstellungen combiniren kann, deren Grundlagen uns entgehen müssen. Eine Fledermaus, welcher man die Augen ausgestochen hat, weicht feinen Fäden im Fliegen eben so geschickt aus und stößt sich eben so wenig an die Wände des Zimmers, als eine andere, die ihre Augen noch hat. Die großen nackten Hautflächen an dem Kopfe dieser Thiere sind gewiß einer äußerst gesteigerten Empfindung fähig, durch welche die feinsten Luftströmungen unterschieden werden können. Von diesem Punkte an bis zu der spezifischen Sinnesempfindung ist aber ein weiterer Schritt, den die Natur nicht ohne die Schaffung spezifischer Sinnesorgane zurücklegen kann.

Leider sind noch keine genaueren Untersuchungen über die krankhaft gesteigerte Empfänglichkeit der Haut für Eindrücke der genannten Art angestellt worden. Das Glaubwürdige, was man von hysterischen und somnambülen Frauenzimmern in dieser Hinsicht erzählt, bezieht sich sichtlich nur auf solche gesteigerte Empfänglichkeit. Der Widerwille aber, welchen Männer der Wissenschaft von jeher gegen solche Untersuchungen gezeigt haben, beruht auf der ganz einfachen Beobachtung, daß die einfachen krankhaften Erscheinungen durch verschmitzten Betrug entstellt werden. Dieser ist denn auch überall vorhanden, wo Somnambülen durch die Herzgrube oder andere, mehr oder minder interessante Theile ihres Körpers bei verbundenen Augen gelesen haben sollen. Nie hat eine solche Person bei vollkommen undurchsichtigen Verbänden mit der Herzgrube oder den Händen lesen können; es bedurfte der Taftbänder, welche die Mutter, der Vater oder eine andere vertraute Person so umlegte, daß

die magnetisch Schlafende gar prächtig hindurchsehen konnte, und die Geschichte des Burdin'schen Preises muß dem Gläubigsten die Augen geöffnet haben. Als so viel Spektakel vor einigen Jahren gemacht wurde von Somnambülen, welche mit verbundenen Augen lesen sollten, legte dieser Arzt einen versiegelten Brief bei der Akademie nieder, nebst einer Summe von 2000 Franken für Diejenige, welche lesen würde, was in dem Briefe stand. Noch keine hat den Preis verdient.

Sechszehnter Brief.

Die Bewegungen.

Jedermann weiß, daß in unserem Körper eine Menge verschiedenartiger Stücke, Knochen und Knorpel, zu einem Gerüste zusammengefügt sind, welches den übrigen Theilen als Stütze dient und das Skelett genannt wird. Betrachtet man dieses starre Gerüste näher, so erscheinen dabei zwei wesentliche Bedingungen erfüllt, einerseits eben die Stützung und Umhüllung der weicheren Theile, die Vorzeichnung der Höhlen, worin Hirn und Rückenmark, so wie die Eingeweide des Bauches und der Brust verborgen sind, und anderntheils die Mithülfe zur Ausführung von Bewegungen, indem die einzelnen Stücke des Skelettes mehr oder minder beweglich an einander gefügt und durch Gelenke mit einander verbunden sind. Die Art dieser Zusammenfügung ist äußerst mannichfaltig und wechselt je nach den verschiedenen Zwecken des Gelenkes, der Größe seines Spielraumes und der Art der Bewegung, welche es ausführen soll. An einigen Orten, wo nur eine gewisse elastische Verbindung, eine geringe Nachgiebigkeit gegen äußere oder innere Gewalt Statt finden soll, sehen wir selbst nur mehr oder minder zusammendrückbare elastische Knorpelstücke zwischen die Knochen eingeleimt, ohne daß sich besondere Gelenkflächen darböten, welche auf einander hergleiten könnten. Solcher Art sind die Verbindungen der einzelnen Wirbelkörper unter sich, die Anheftung der Rippen an das Brustbein und andere mehr. In dem ersten Falle ist die Beweglichkeit der einzelnen runden, säulenartig auf einander geschichteten Wirbelstücke durch elastische, aus Faserknorpeln

gewebte Kissen vermittelt, welche, wie die Federkissen eines Stuhles, einem gewissen Drucke nachgeben und sich beim Nachlasse desselben wieder aufrichten; bei den Rippen dagegen findet die Beweglichkeit dadurch Statt, daß die beweglichen Stäbe, womit sie sich an das Brustbein ansetzen, wie Degenklingen durch angebrachten Druck oder Zug gebogen werden und beim Aufhören desselben in ihre alte Lage zurückspringen.

In allen übrigen beweglichen Gelenkverbindungen finden wir stets zwei Knochenflächen, welche über einander hergleiten können und deshalb mit glatten Knorpelstücken belegt und mit feuchtem Schleime überzogen sind; ein Verhältniß, das wir in der Mechanik durch glatte Drehflächen und Einölung der Gelenke nachahmen. Das Herstellen ganz ebener Flächen, welche über einander gleiten und einzig durch geradlinige Verschiebung wirken können, findet äußerst selten im Körper statt; meist bedingt die Art der Bewegung die Einrichtung verschieden gekrümmter Flächen, wodurch Drehungen aller Art ausgeführt werden. Die Natur hat sich äußerst erfinderisch in Herstellung dieser Gelenkverbindungen gezeigt; von dem freiesten Kopfgelenke, wo ein rund abgedrehter Gelenkkopf sich auf einer fast ebenen Fläche dreht und somit fast vollständig nach allen Richtungen umhergerollt werden kann, bis zu dem beschränkteren Nußgelenke, wo der Kopf in einer ihn umschließenden runden Kapsel spielt; von dem beschränktesten Charniergelenke, welches nur einseitiges Auf- und Zuklappen gestattet, bis zu den freiesten Charnieren, wo auch seitliches Ueberkappen und drehende Bewegung möglich ist, finden sich die mannichfachsten Modifikationen, theils durch sinnige Abänderung der aufeinander spielenden Gelenkflächen, theils durch Anordnung der benachbarten Theile bedingt, welche den Spielraum des Gelenkes hemmen und einschränken. Es genügt, hier auf diese Verhältnisse aufmerksam gemacht zu haben; Jeder kann am eigenen Körper sich leicht überzeugen, wie sehr verschieden die Beweglichkeit des Oberarmes von derjenigen des Ellenbogens und der Hand sei; wie er den Oberarm frei im Kreise gleich der Speiche eines Rades schwingen, nach vorne und hinten führen kann, während er im Ellenbogenge-

lenk einzig auf das Auf- und Zuklappen des Charnieres beschränkt ist; wie er im Handgelenke drehende und seitliche Bewegungen ausführen, mit dem ersten Fingergelenke, namentlich des Zeigefingers, ebenfalls Kreisbewegungen vornehmen kann; während das zweite und dritte Fingergelenk nur klappender Charnierbewegungen fähig sind. Man wird so bei Vergleichung der oberen mit der unteren Extremität finden, daß hier die entsprechenden Bewegungen im Grunde zwar ähnlich, aber weit beschränkter sind; daß die Bewegungen des Oberschenkels denen des Oberarmes entsprechend nach allen Richtungen hin weit geringer sind, weil eben der Gelenkkopf des Oberschenkels in einer nußartigen Gelenkhöhle eingekapselt ist, während der Kopf des Oberarmes auf einer kleinen, fast ebenen Gelenkfläche spielt; daß die Bewegungen der Fußwurzel, der Zehen, eine Wiederholung der Hand- und Fingerbewegungen in geringerer Ausdehnung darstellen.

Die Gelenkflächen der einzelnen Knochen sind durch Kapselhäute und Bänder an einander befestigt, durch deren Anordnung meist der Spielraum der Gelenke, so wie er durch die Natur der Gelenkflächen gegeben wäre, mehr oder minder beschränkt, zugleich aber auch die Verbindung in allen Richtungen befestigt und das Ausgleiten der Gelenke, die Verrenkung derselben, mehr oder minder erschwert wird. Je freier ein Gelenk ist, je größeren Spielraum es besitzt, desto schlaffer müssen auch diese Haltbänder angespannt sein und desto leichter sind auch Verrenkungen möglich.

Die innerste Kapsel, welche unmittelbar die Gelenkflächen einhüllt, bildet stets einen vollkommen hermetisch geschlossenen Sack, der aus festem Fasergewebe gewoben und auf seiner innern Seite mit mehr oder minder zähem Schleime überzogen ist, welcher beständig zwischen die glatten Gelenkflächen eindringt und die Reibung derselben auf ein sehr geringes Maß beschränkt.

Eine nothwendige Folge des hermetischen Verschlusses der Gelenkkapseln ist die Ausschließung der atmosphärischen Luft, die Herstellung eines Raumes im Innern der Gelenke, welcher keine Luft, sondern nur Flüssigkeit enthält und somit keinen Gegendruck auszuüben im Stande ist. Es ist bekanntlich der Druck der Luft,

welcher das Wasser in einer luftleer gemachten Röhre 32 Fuß hoch emportreibt, welcher einer Quecksilbersäule von 28 Zoll das Gleichgewicht hält; in unserem Körper erhält der Druck der Luft die Gelenkflächen in unmittelbarer Berührung, und die Größe der einzelnen Gelenkflächen ist so berechnet, daß der Luftdruck, welcher darauf ausgeübt wird, allen daran aufgehängten Theilen das Gleichgewicht hält. Man hat diesen Satz namentlich an dem Hüftgelenke auf die überzeugendste Weise dargethan und durch Versuche bewiesen, daß beim Schweben des Beines in freier Luft weder die Muskeln noch die Bänder dasselbe halten, sondern einzig der Druck der Luft auf das Hüftgelenk hinreicht, dasselbe fest am Becken schwebend zu erhalten. Legt man einen Leichnam auf den Bauch, so daß die Beine frei schwebend von dem Tische herabhängen, und trennt nun durch einen Kreisschnitt sämmtliche Muskeln bis auf die Bänder des Hüftgelenkes und bis zur Kapsel desselben, so hängt das Bein noch eben so fest im Hüftgelenke, als zuvor. Die Gelenkflächen des Kopfes einerseits und der Pfanne anderseits sind sogar so genau auf einander gepaßt, daß man die Kapsel selbst einschneiden kann, ohne daß das Bein aus dem Gelenke herausfällt. Bohrt man aber von innen, von dem Unterleibe aus, ein Loch in das Gelenk ein, so dringt in dem Augenblicke, wo der Bohrer die innere Gelenkfläche durchstößt, die Luft mit zischendem Geräusche ein und der Gelenkkopf sinkt aus seiner Pfanne heraus, soweit als es das im Innern des Gelenkes angebrachte sogenannte runde Band des Hüftgelenkes gestattet, welches von der Spitze des Gelenkkopfes zu dem tiefsten Punkte der Pfanne geht. Drückt man nun das Bein, indem man es aufhebt, wieder in die Pfanne hinein und schließt das im Becken angebrachte Bohrloch mit dem Finger, so bleibt das Bein von neuem schwebend hängen und der schließende Finger wird von dem Bohrloche, wie von einem Schröpfkopfe angezogen. Im Augenblicke, wo der Finger entfernt wird, fällt das Bein herab. Man hat die Versuche in der Art wiederholt, daß man das Schenkelgelenk herauspräparirte, den Oberschenkel absägte, die Beckenknochen rund herum wegnahm, so daß nur die beiden durch

das Gelenk verbundenen Knochenstücke überblieben, und nun das Ganze unter die Glocke der Luftpumpe brachte, nachdem man an den Schenkelknochen ein paar Pfundsteine aufgehängt hatte. Der Schenkelkopf war fest im Gelenke eingefügt; sobald man aber auspumpte und einen luftleeren Raum erzeugte, sank er aus den Gelenkhöhlen heraus; ließ man von Neuem Luft zu, so stieg er wieder in die Höhe, und man konnte so das abwechselnde Spiel des Auf- und Absteigens des Schenkelkopfes in seinem Gelenke wiederholen, je nachdem man Luft auspumpte, oder zuließ.

Berechnet man, nach der Größe der Oberfläche des Hüftgelenkes, die Größe des Druckes, welchen die Luft auf dasselbe ausübt, so zeigt sich, daß derselbe etwa 22 bis 25 Pfund beträgt, während ein Bein im Durchschnitte 18 bis 20 Pfunde wiegt. Bei gewöhnlichem Luftdrucke hält demnach der auf das Hüftgelenk ausgeübte Druck der Luft dem Gewichte der Extremität das Gleichgewicht, und es bedarf durchaus keiner Anstrengung von Seite der Muskeln, um das Bein schwebend zu erhalten. Gleiche Verhältnisse finden sich am Kniegelenke, am Oberarme, an den Fuß- und Handgelenken verwirklicht; überall sind die Kapseln der Gelenke hermetisch abgeschlossen und überall die Größe der Oberflächen in ein bestimmtes Verhältniß zu dem Gewichte der Theile gebracht, welche daran aufgehängt sind, so daß erst bei Vergrößerung des an den Gelenken bewirkten Zuges eine entsprechende Thätigkeit der Muskeln und Bänder zur Aneinanderhaltung der Gelenkflächen nöthig wird.

Betrachtet man das Skelett des Menschen (siehe Fig. 24, S. 398) im Vergleich zu demjenigen der Säugethiere, so stellt sich schon in der Anfügung der einzelnen Knochen und ihren Verhältnissen zu einander die wesentliche Beziehung zu dem aufrechten Gange heraus. Das Gelenk zwischen dem Hinterhaupte und dem ersten Halswirbel, welches das Vor- und Rückwärtsbeugen des Kopfes vermittelt, ist bei gut entwickeltem Schädel so angebracht, daß sich der Kopf förmlich auf seiner Unterlage balancirt. Die leichte Krümmung der Halswirbelsäule nach vorn


Fig 24.

trägt das Ihrige dazu bei, den so im Gleichgewichte schwebenden Kopf in der allgemeinen Schwerlinie des Körpers zu erhalten. Die Rückenwirbelsäule zeigt im Gegentheile eine Krümmung nach hinten; die Lungen und das Herz, sowie der ganze Rippenkorb, sind an der vorderen Fläche der Wirbelsäule angebracht und würden ein Ueberkippen der Schwerlinie nach vorn bedingen, wenn nicht durch diese Einbiegung entgegengewirkt wäre. Im Becken endlich schließt sich die Bauchhöhle nach unten, während zugleich durch die Krümmung der Schwanzwirbelsäule Raum für die Eingeweide hinter der Schwerlinie geschafft wird. Durch alle diese Einrichtungen wird denn als Endresultat die Lage der Schwerlinie des Oberkörpers so hergestellt, daß sie bei der Profilstellung des Menschen senkrecht durch den Schenkelknorren läuft. Die vorderen Extremitäten, zur Ausführung freierer Bewegungen, nicht aber, wie bei allen Vierfüßern, zum Tragen des Rumpfes bestimmt, sind überall mit viel freieren Gelenken und größerer Beweglichkeit der einzelnen Knochenstücke gegen einander ausgerüstet. Bei den Beinen dagegen wiegt in Uebereinstimmung mit ihrer Bestimmung zum Tragen des Körpers die Festigkeit und die damit zusammenhängende größere Starrheit der Gelenke vor der freieren Beweglichkeit vor. Die springenden Thiere, bei welchen andere Verhältnisse obwalten, ausgenommen, hat der Mensch das längste und stärkste Bein im Verhältniß zu der vorderen Extremität, und der eigenthümliche Charakter des menschlichen Knochenbaues ruht, wie man in neuerer Zeit sehr schön nachgewiesen hat, in keinem anderen Theile so sehr, als in dem Fuße. Die menschliche Hand ist kein eigenthümliches Gebilde; die Hände der menschenähnlichen Affen sind durchaus eben so frei beweglich, zu eben so kunstvollen Combinationen geeignet, als die Hand des Menschen; der Arm aber ist meistens länger im Verhältniß zu den Beinen, als bei dem Menschen, was mit der Lebensart auf Bäumen und der Stellung als Kletterthier zusammenhängt. Hierauf beruht auch die Ausbildung des hinteren Affenfußes zur Hand, was manche Naturforscher irriger Weise für einen Vorzug

haben ansehen wollen. Durch die enge Verbindung seiner Zehen, die gewölbartige Zusammenfügung der Mittelfußknochen, die eigenthümliche Anordnung des Fußgelenkes unterscheidet sich der Mensch eben so scharf und bestimmt von allen anderen Thieren, als durch die Ausbildung der knöchernen Gehirnkapsel, und durch diese Bildung allein ist es ihm möglich, den aufrechten Gang als normale Stellung zu behaupten, während alle übrigen Thiere nur ausnahmsweise und auf kurze Zeit sich in dieser Stellung erhalten können.

Durch ihre eigenthümliche Struktur bilden die Knochen bei den Bewegungen die starren Hebel, an welchen die Muskeln gleich Zugseilen arbeiten. Von sich aus kann ein Knochen sich nie bewegen; es gehören hierzu besondere Fasern, welche der Zusammenziehung fähig sind und deren Bündel eben mit dem Namen der Muskeln oder im gemeinen Leben des Fleisches belegt werden. Jedermann kennt das faserige Gewebe dieser Theile; eben so bekannt ist einem Jeden, daß die Fasern eines Muskels stets in derselben Richtung parallel neben einander liegen, und daß man demnach einen Muskel nicht mit Unrecht einem Bündel von einzelnen Fasern vergleichen kann, die durch eine gemeinschaftliche zellgewebige oder sehnige Hülle zu einem Ganzen vereinigt sind und zwischen denen die Blutgefäße und die Nerven verlaufen. Betrachtet man die letzten Fasern, in welche sich die rothen Muskeln unter dem Mikroskope spalten lassen, so sieht man, daß eine jede derselben von einer einfachen, glashellen, dünnen und höchst zarten Scheide gebildet wird, in welcher wieder ein Bündel von feinen Fädchen steckt, so daß das Ganze etwa wie Zündhölzchen in einer langen Schachtel aussieht. Auf der Hülle zeigen sich äußerst feine, oft wellenförmige dunkle Querstreifen, welche durch solche Mittel, die eine Gerinnung des Eiweißes veranlassen, wie z. B. Weingeist, stärker hervortreten. Da diese Querstreifen überall bei den höheren Thieren mit großer Evidenz hervortreten, so hat man deshalb auch die Muskeln dieser Art überhaupt die quergestreiften Muskeln genannt. Ueber die Bildung der in der Scheide steckenden letzten Fädchen

herrschen noch manche Zweifel. Viele Forscher glauben, daß sie aus einfacher homogener Substanz bestehen; — andere dagegen, gestützt auf das Zerfallen der Muskelfasern in einzelne Stücke nach Behandlung mit verschiedenen Reagentien, sind der Ansicht, daß diese letzten Fädchen aus einzelnen Körnchen bestehen, welche durch eine leichter auflösliche Zwischensubstanz gleichsam zusammengeleimt seien und somit auch leicht in einzelne Stücke zerfallen. Jede Faser ist in den quergestreiften Muskeln unabhängig; nur am Herzen findet man zuweilen Verbindungen zweier Fasern mit einander. In der eigenthümlichen Contraktilität dieser Fasern beruht nun die Zusammenziehung dieser Muskeln, durch welche die einzelnen Knochen in verschiedene Stellungen zu einander gebracht und so die Bewegungen ausgeführt werden. Die Muskelfasern selbst heften sich theils direkt, theils durch die vermittelnden Fadenstränge der Sehnen an die Knochen selbst an. Die Sehnenfasern können sich selbstständig nicht zusammenziehen; sie dienen hauptsächlich zur Uebertragung der ziehenden Kraft an ferne Orte, wo das Volumen der Theile nicht allzu sehr vermehrt werden soll. So ziehen die Muskelmassen des Vorderarmes durch die dünnen, über das Handgelenk laufenden Sehnen an der Hand selbst und an den Fingern; die Muskeln des Unterschenkels in ähnlicher Weise an den Knochen des Mittelfußes und der Zehen.

Untersucht man die Muskelfaser unter dem Mikroskope im Augenblicke der Zusammenziehung, so sieht man die feinen Querstreifen, welche die Hülle darbietet, näher aneinander rücken, sich stärker runzeln und dadurch offenbar andeuten, daß die Elemente der Fasern sich stärker zusammenschieben und in sich verkürzen. Die feinen Querrunzeln der Hülle, welche alle willkürlichen Muskelfasern der höheren Thiere so constant zeigen, daß man sie auch deshalb quergestreifte Muskelfasern genannt hat, finden sich überhaupt nur dann deutlich ausgesprochen, wenn die Faser wirklich einigermaßen zusammengezogen ist, und je größer die Zusammenziehung, desto deutlicher ist auch die Querrunzelung, während vollkommen schlaffe Muskelfasern eine fast glatte,

runzellose Scheide darbieten. Bei kleinen durchsichtigen Thieren, die man ganz ohne Verletzung unter das Mikroskop bringen kann, z. B. jungen Fischlein, lassen sich diese Verhältnisse auf das Deutlichste beobachten. Meist sieht man auch bei stärkerer Zusammenziehung wellenförmige oder Zickzackbiegungen der einzelnen Muskelfasern, welche früher als der Ausdruck der wirklichen Zusammenziehung angesehen wurden. Jetzt hat man sich überzeugt, daß diese Biegungen entweder durch vereinzelte Zusammenziehungen benachbarter Muskelfasern entstehen, bei welchen die noch ausgedehnten Fasern eingeknickt werden, oder daß sie eine Folge der Elasticität sind, welche mit der lebendigen Zusammenziehung in Kampf tritt. Bei dieser letzteren wird die Muskelfaser in allen ihren Querdurchmessern bedeutender, während ihr Längsdurchmesser abnimmt. Der vorher lang ausgedehnte Muskel wird breiter, dicker, schwillt bedeutend an und erscheint beim Anfühlen hart und fest; an der innern Muskelmasse des Oberarmes, welche den Ellenbogen beugt, hat wohl Jeder schon dies Anschwellen des Muskels an sich selber beobachtet. Man nahm früher zuweilen an, daß bei der Zusammenziehung wirklich eine geringe Verdichtung der Muskelsubstanz vorhanden sei, und daß der zusammengezogene Muskel einen absolut kleineren Raum einnehme, als im Zustande der Erschlaffung; genauere Versuche haben indeß nachgewiesen, daß eine solche Condensation wirklich nicht Statt finde, und daß der Muskel demnach an Breite und Dicke gewinne, was er an Länge bei der Zusammenziehung verliert.

Die Zusammenziehung ändert die molekulare Beschaffenheit der Muskelmassen in jeder Weise. Die Härte, welche der zusammengezogene Muskel darbietet, rührt nur von der Spannung seiner Fasern, nicht von einer Verdichtung seiner Masse her, die in der That, wie genauere Beobachtungen nachgewiesen haben, im Gegentheile weicher wird. Nicht minder ändern sich auch die elektrischen Verhältnisse. Die Längenfläche eines ruhenden Muskels ist stets positiv, der natürliche oder künstliche Querschnitt desselben dagegen negativ elektrisch, so daß in dem Mus-

kel gewissermaßen beständig ein schwacher Strom von den positiven Seiten der Moleküle nach den negativen Enden geht. Man kann deshalb auch eine wahrhafte galvanische Kette in der Weise construiren, daß man geeignete Muskelmassen, wie z. B. diejenigen des Oberschenkels des Frosches, so in einander schachtelt, daß der Querschnitt des einen Stückes die Außenfläche des nächsten berührt. Eine solche aus lebendigen Muskeln gebaute Schenkelsäule wirkt wie eine schwache galvanische Säule, welche einen präparirten Froschschenkel zur Zusammenziehung bringen kann. In den zusammengezogenen Muskeln dagegen ist dieser Molekularstrom so geschwächt, daß seine Anwesenheit kaum noch nachzuweisen ist.

Die willkürliche Zusammenziehung steht unter dem Einflusse der Nerven, welche zu den Muskeln gehen und deren Primitivröhren sich zwischen den einzelnen Fasern derselben in Endschlingen durchschlängeln. Sobald ein Muskelnerve durchschnitten ist, so daß sein Zusammenhang mit dem Centralnervensysteme aufgehoben ist, hört, wie schon oben angeführt wurde, der Einfluß des Willens auf denselben gänzlich auf. Reizt man nun das peripherische Ende des Nerven, welcher noch mit dem Muskel zusammenhängt, so zieht sich dieser zusammen, ganz so, wie wenn der Wille auf ihn eingewirkt hätte. Läßt man das Glied, welches mittelst Durchschneidung seiner Nerven gelähmt wurde, ruhig, so verliert sich allmählich die Reizbarkeit von dem Stamme nach der Peripherie hin. Anfangs zieht sich der Muskel noch jedesmal zusammen, wenn der Nervenstamm gekneipt wird; später erfolgt Zuckung nur auf Anwendung der galvanischen Elektricität, welche unter allen Reizen der wirksamste für die Muskelnerven ist; nach einiger Zeit muß die galvanische Reizung auf die feineren Zweige applicirt werden, wenn sie wirksam sein soll, und zuletzt muß der Muskel selbst unmittelbar von den Drähten der galvanischen Kette berührt werden, um noch schwache Zuckungen zu veranlassen, die endlich auch verschwinden, so daß der Muskel dann durchaus unthätig ist und auf keinerlei Weise mehr reagirt.

Die Ernährung der Muskeln, welche auf diese Weise gelähmt wurden, leidet auf die mannichfachste Weise. Sie werden blaß, schlaff, schwinden allmählich, und man kennt sogar Beispiele, wo sie gänzlich in Fett umgewandelt und vernichtet wurden. So wie aber bei dem gesunden Menschen durch Uebung die Muskeln stärker und kräftiger werden, ihre Ernährung besser von Statten geht, so geschieht es auch bei Gliedern, deren Nerven durchschnitten wurden. Leitet man durch solche gelähmte Glieder täglich galvanische Ströme, um Zuckungen zu veranlassen und die Muskeln nicht durchaus in Unthätigkeit zu lassen, so erhält sich die Reizbarkeit derselben weit länger, ja sie verschwindet durchaus gar nicht und der Muskel bleibt in gleichmäßiger Ernährung, ohne zu erblassen und zu schwinden.

Wenn schon diese Thatsache darauf hinweist, daß die Reizbarkeit der Muskelfaser eine ihr eigenthümlich inwohnende Lebenserscheinung ist, welche nur durch die Nervenreize in Thätigkeit versetzt wird; so erscheint dies noch deutlicher durch den Einfluß nachgewiesen, welche die Abschneidung der Muskelernährung auf die Reizbarkeit hat. Ein Thier, dessen Bauchschlagader unterbunden ist, läuft anfangs noch ganz ordentlich — nach kurzer Zeit aber beginnt es zu schwanken, und bald erscheint es eben so vollständig an beiden Hinterfüßen gelähmt, als wenn man ihm die Nerven derselben durchschnitten hätte. Anfangs bringen galvanische Reizungen noch Zuckungen in den Extremitätenmuskeln hervor, nach einiger Zeit aber nicht mehr, und wenn man vergleichende Versuche an demselben Thier macht, indem man an dem einen Fuße den Blutkreislauf, den Träger aller Ernährung, aufhebt, an dem andern hingegen den Nerven durchschneidet, so zeigt sich, daß der durch Unterbindung der Gefäße und durch Abschluß aller Blutzufuhr gelähmte Fuß bei weitem schneller seine Reizbarkeit verliert, als der durch Nervenzerschneidung gelähmte.

Die Fähigkeit der Zusammenziehung ist demnach eine mit der Muskelfaser unzertrennlich verbundene Lebenseigenschaft, die ihr nicht erst durch die Nerven ertheilt wird; die Nerven dienen

lediglich dazu, dieselben unserem Willen zu unterwerfen, indem der von dem Centralnervensystem ausgehende Impuls zur Bewegung auf die Muskeln übertragen wird.

Fragen wir nun nach den mechanischen Bedingungen, welche an dem Körper zur Vermittlung der Bewegung realisirt sind, so ergiebt sich vor allen Dingen ein leicht vorauszusehendes Verhältniß zwischen den Knochen und Muskeln. Erstere können gleich Stützpunkten und Hebeln betrachtet werden, an welchen die Muskeln wie Zugseile befestigt sind, und meist sogar tritt das Verhältniß ein, daß je nach Bedürfniß oder Zufall der eine Knochen als Stützpunkt dient, auf welchem der andere sich bewegt, und daß wieder in andern Momenten derjenige Knochen, welcher vorher festgestellt war, als bewegender auftritt und der andere die Rolle des stützenden übernimmt. Strecken wir, während wir im Lehnsessel sitzen, den Fuß gerade aus, der auf dem Boden stand, so bewegt sich der Unterschenkel auf dem festgestützten Oberschenkel; stehen wir dagegen von dem Stuhle auf, so wird das Unterbein festgestemmt, der Oberschenkel auf demselben bewegt und so der Körper in die Höhe gehoben. Selten nur treten solche Verhältnisse ein, wie an den meisten Gesichtsmuskeln, wo nur das eine Ende der Muskelfasern fest an Knochen geheftet ist, während das andere frei an der Haut und an weichen verschiebbaren Theilen sich endet, und demnach auch nur Bewegung an dem einen Ende des Muskels als Endresultat der Zusammenziehung auftreten kann. Endlich giebt es nur einige wenige Muskeln am menschlichen Körper, welche fast vollkommene Ringe darstellen und zum Verschließen und Oeffnen von einigen Oeffnungen angebracht sind, wie am Munde und After, wo die ganze Spalte durch die gleichförmige Zusammenziehung von allen Seiten zugeklemmt werden kann.

Ein altes Vorurtheil zieht sich noch durch manche Ansichten über die Art und Weise, wie man sich die Anheftung der Muskeln an den Knochen angeordnet denkt. Die Knochen bilden natürlicher Weise in den meisten ihrer Bewegungen wahre Hebel, und die Gesetze ihrer Wirkung sind durchaus dieselben, wie bei

den auf gleiche Weise construirten Hebeln, die wir in der Mechanik gebrauchen. So bildet unser Vorderarm einen einseitigen Hebel, dessen Anheftungspunkt in dem Ellenbogen gegeben ist, und wo die ziehenden Seile, die Muskeln, zwischen dem Anheftungspunkte und dem Punkte, wo die Last angebracht ist, sich anheften. Es würde zu weit führen, hier auf die Gesetze des Hebels einzugehen, welche der reinen Statik und Mechanik, der Physiologie aber nur in so fern angehören, als dieselben Gesetze an der Maschine des Körpers in Ausführung gekommen sind; aber erwähnen müssen wir, daß schon aus dem angeführten Beispiele erhellt, wie die Natur die Muskeln meist unter den ungünstigsten Verhältnissen für die Kraftentwickelung angebracht hat. Wenn wir eine Last mit möglichster Ersparniß von Kraft in die Höhe heben wollen, so bringen wir sie auf einen möglichst kurzen Hebelarm und verdoppeln in wachsender Proportion unsere Kraft, indem wir diese Kraft an einem langen Hebelarme anbringen; wollen wir einen Stein, welcher der Anstrengung von zehn Männern nicht weichen würde, allein fortwälzen, so schieben wir die Spitze einer langen Stange unter seine Kante und stützen die Stange unmittelbar auf einen kleineren Stein, während wir an dem langen Ende der Stange unsere Kraft wirken lassen. Wollen wir ein Gewicht an einem einarmigen Hebel in die Höhe ziehen und dabei Kraft ersparen, so hängen wir das Gewicht so nahe als möglich an den Befestigungspunkt des Hebels und ziehen an dem andern Ende. So hat die Natur in unserem Körper nicht verfahren. Die Muskeln sind im Gegentheile meist in der Art angebracht, daß sie eine ungeheuere Kraft verschwenden müssen, um eine kleine Wirkung hervorzubringen. Wir wissen dies schon aus unserer täglichen Erfahrung. Ein Sack, den wir in der Hand tragen sollen bei gekrümmtem Arme, ermüdet uns bald; hängen wir denselben um die Mitte des Armes, so ermüdet er schon weniger, und in dem Ellenbogengelenke selbst können wir ihn eben so viele Stunden tragen, als wir ihn Minuten in der ausgestreckten Hand gehalten hätten. Man hat diese Verhältnisse genauer berechnet und gefunden, daß die Wa-

denmuskeln eines Mannes, der auf dem einen Fuße stehend die Ferse emporhebt und sich auf die Zehen stellt, achtzigmal mehr Kraft entwickeln müssen, als ihre Wirkung beträgt, daß sie mithin statt 140 Pfund, die wir als Gewicht des Mannes annehmen wollen, in Wahrheit ein Gewicht von 11,200 Pfunden tragen. Man sieht aus diesem einzigen Beispiele, welches man bedeutend vervielfältigen könnte, daß es der Natur durchaus nicht darauf ankam, Kraft zu sparen, und daß die kleinen Vortheile, welche sie durch Ausbildung von Knorren und Vorsprüngen erzielt, gar nicht in Betracht kommen gegen eine wahre Verschwendung, welche auf der andern Seite Statt findet.

Es liegt meistens in dem Bereiche unseres Willens, ob wir einen Muskel allein oder in Gesellschaft mit einigen andern wirken lassen wollen. Viele Bewegungen, und gerade die wichtigeren, beruhen aber auf dieser gemeinschaftlichen Wirkung der Muskeln und auf der regelmäßigen Aufeinanderfolge der Zusammenziehung eines jeden einzelnen Muskels. Oft verlangt eine solche regelmäßige Folge von einzelnen Bewegungen, welche eine combinirte Bewegung hervorbringen sollen, ziemliche Uebung, zumal wenn die Bewegung stätig und nicht in einzelnen Absätzen ausgeführt werden soll. Nur Wenigen möchte es gelingen, ein mit Wasser gefülltes Glas im Kreise herum zu führen, ohne davon zu verschütten; es gehört eben zu dieser Bewegung ein allmähliches Ueberführen des Willens von einem Muskel zum andern, wodurch jeder zuckende Anstoß, jeder Anhalt vermieden wird, und diese Bedingung läßt sich erst nach einiger Uebung erfüllen. Es giebt indessen manche combinirte Bewegungen, die von Anfang an mit einander unauflöslich verknüpft scheinen und über welche die Vereinzelung des Willens keine Kraft auszuüben vermag. Die meisten Combinationen eignen wir uns erst durch die allmähliche Gewöhnung an; wir lernen gehen, laufen, schwimmen erst nach längerer Uebung und Anstrengung; alle diese erst erzogenen Combinationen sind wir ebenfalls durch Uebung fähig, wieder zu zersetzen und in ihre Einzelbewegungen zu zerlegen. Die meisten Menschen können bei gestreckter Hand den Ringfin-

ger oder den kleinen Finger nicht allein beugen; die Uebung am Claviere lehrt sie bald, einen jeden Finger allein zu gebrauchen. Jede längere Uebung in gewissen Bewegungen bedingt allmählich eine Gewöhnung an diese wiederkehrenden Combinationen, die zuletzt unbewußt werden, die aber eben so leicht wieder durch Angewöhnung anderer Combinationen vertilgt werden können. Die relative Geschicklichkeit in allen Handwerken und Gewerben beruht größtentheils auf diesem Grundgesetze der allmählichen Bildung von Bewegungscombinationen. Der Arbeiter, welcher heute in ein Geschäft eintritt, das er noch nicht kennt, bringt bei dem besten Willen und der größten Anstrengung nicht so viel vor sich, als der Geübte, welcher seit Jahren das Handwerk treibt. Der eine muß die nöthigen Combinationen durch den speciell auf jeden einzelnen Muskel gerichteten Willen hervorbringen, wähend bei dem Andern die combinirten Bewegungen in ihrer Reihenfolge ausgeführt werden, ohne daß es einer besondern Aufmerksamkeit von seiner Seite bedarf.

Zu den gewöhnlichsten combinirten Bewegungen gehört das Gehen, dessen mechanische Bedingungen durch ausgezeichnete Untersuchungen vollständig erörtert sind. Bei dem ruhigen Stehen auf zwei Füßen ruht unser Oberkörper auf den säulenartig stützenden Beinen in der Art, daß seine Schwerlinie zwischen die beiden Fersen fällt. Natürlicher aber, weniger ermüdend und darum auch wohl als die ungezwungenste Stellung des Körpers ist diejenige zu betrachten, wo der Körper auf den zwei Beinen zwar ruht, aber doch wesentlich nur auf dem einen, hinteren, während das andere etwas vorangestellt ist und so die Schwerlinie, statt zwischen die Fersen beider Füße, etwa auf den Ballen des hinteren Fußes fällt. Das Gehen beruht auf einer abwechselnden Uebertragung des Körpers auf das eine oder andere Bein, während welcher Uebertragung zugleich die Beine den Ort wechseln und voran sich bewegen. Bei jedem Doppelschritte kommt demnach einmal das linke, einmal das rechte Bein an die Reihe, vorwärts bewegt zu werden, und umgekehrt stützt zuerst das rechte, dann das linke Bein den Körper, während das andere

vorwärts schwingt. Das vorwärts sich bewegende, ausschreitende Bein wird etwas im Kniegelenke gebogen, um bei seiner Bewegung den Boden nicht zu berühren, und schwingt nun wie ein Pendel, einzig durch den Druck der Luft getragen, vorwärts, während das stützende Bein sich vorwärts neigt und der Körper so wörtlich voran fällt. Ehe aber der Körper fällt, hat das schwingende Bein seine Pendelschwingung vollendet, und stützt, auf den Boden stemmend, von neuem den Körper. Nun wird das hinten gelassene Bein gehoben; zuerst wickelt sich die Ferse, dann der Ballen vom Boden ab, und bei dieser Abwickelung wird dyrch Streckung des Fußes dem Körper eine Wurfbewegung ertheilt, wodurch er nach vornen geschleudert wird. Indem der Körper während dieser Wurfbewegung auf dem zuerst ausgeschrittenen Beine stützt, vollzieht das zweite seine Pendelschwingung und hält den Körper zu rechter Zeit im Falle auf.

Es ergiebt sich aus dieser Analyse des menschlichen Ganges, daß derselbe wirklich ein beständiges Vorwärtsfallen des Körpers darstellt, welches eben so regelmäßig durch die vorwärts schwingenden und unterstützenden Beine verhindert wird. Bei dem Gehen findet demnach eine Abwechselung zwischen zwei Momenten Statt. In dem einen beschreibt der Körper, auf das eine Bein gestützt, eine Wurfbewegung, in dem andern stützt er sich auf beide Beine zugleich. Je langsamer der Schritt ist, desto länger dauert der zweite Moment, desto länger ruht der Rumpf auf beiden Beinen; je schneller man geht, desto mehr wird dieses Moment verkürzt und beim Laufen ist es auf Null reducirt. Der Lauf unterscheidet sich dadurch vom Schritt, daß stets nur ein Bein den Körper stützt, daß beide Füße mit einander vollkommen abwechseln, somit der eine in demselben Augenblicke den Boden verläßt, wo der andere ihn berührt. Die Wurfbewegung des Körpers ist natürlich bei dem Laufe viel größer, und es wird dieser mitgetheilten Geschwindigkeit halber um so unmöglicher, sich im Laufe aufzuhalten, als dieser schneller ist. Sobald der Lauf schneller wird, giebt es sogar eine gewisse

Zeit, während welcher der Körper frei in der Luft schwebt, ohne auf irgend eine Weise gestützt zu sein, und wo er demnach förmlich, wie beim Sprunge, vorwärts geschleudert ist. Der Lauf ist demnach ein Uebergang vom Gange zum Sprunge, und wir unterscheiden nur deshalb zwischen diesen beiden Bewegungen, weil wir beim Laufe eine Menge kleiner Sprünge zu einer horizontal fortschreitenden Bewegung verbinden, während wir unter Sprung mehr eine einzelne größere Kraftanwendung verstehen, bei welcher wir die verschiedenen Gelenke des Fußes und selbst des Körpers zusammenbeugen, um sie dann gleich gebogenen Federn plötzlich auseinander zu schnellen und dadurch dem Körper eine gewaltige Wurfbewegung zu ertheilen, in welcher dann die Beine nachgezogen werden. Die vertikale Erhöhung, welche der Rumpf beim Sprunge erreichen kann, ist indeß nicht so bedeutend, als man von vorn herein glauben sollte. Ein geübter Springer kann ohne Benutzung von Sprungbrettern und ähnlichen Apparaten, welche durch ihre Federkraft die Wurfbewegung erhöhen, über eine Barriere springen, die so hoch als er selbst ist. Diese Höhe erscheint freilich beträchtlich; bedenkt man aber, daß bei solchem Sprunge die Beine dicht an den Leib angezogen werden, und daß somit von der Höhe des Sprunges die ganze Länge der Beine abgezogen werden muß, so wird unsere Bewunderung um vieles geringer. Die vertikale Höhe, in welche ein Mensch seinen Körper im Sprunge schleudern kann, erreicht im Ganzen höchstens fünf Fuß, und es muß dieselbe nicht nach der Höhe, über welche man setzt, sondern nach der Höhe geschätzt werden, welche der Scheitel erreicht. Der Unterschied zwischen der Höhe des Scheitels bei aufrechtem Stehen und der Höhe, welche der Scheitel im Sprunge erreicht, drückt eigentlich die wahre Sprunggröße aus. Ein Gleiches findet bei den Thieren Statt. Man beobachte ein Reh, einen Hirsch, wenn er über eine Hecke setzt. Die Vorderbeine werden so unter den Leib geschlagen, daß sie fast an den Seiten desselben anliegen, die Hinterbeine, nachdem sie den Schwung gegeben haben, gerade ausgestreckt, so daß die ganze Unterfläche des

Thieres eine horizontale Linie bildet. Gesetzt, der Hirsch hätte drei Fuß lange Beine, so wird er, wenn sein Körper im Sprunge sechs Fuß hoch emporgeschnellt wird, über ein neun Fuß hohes Hinderniß wegspringen können.

Ein Schritt kann im Durchschnitte auf die Länge von zwei Fußen oder 65 Centimetern angenommen werden. Das schnellere Gehen, so wie das Laufen, bringt nicht durch Verlängerung der Schritte, sondern vielmehr durch Beschleunigung derselben eine bedeutende Zeitersparniß bei gleicher Distanz. Man hat berechnet, daß der französische Soldat bei gewöhnlichem Marschiren 76 Schritte in der Minute macht, während der Geschwindschritt 100 und der Sturmschritt 126 Schritte in der Minute zählt. Bei der preußischen Armee dürften des dort eingeführten unnatürlichen Hahnenschrittes wegen diese Verhältnißzahlen etwas geringer ausfallen. Es ergiebt sich daraus, daß der Soldat im gewöhnlichen Schritte etwa zwei und einen halben Fuß in der Secunde zurücklegt, während er im Sturmschritte etwa drei und einen halben Fuß in der Secunde durchmißt. Geübte Läufer sollen vierzehn, andere sogar selbst dreißig Fuß in der Secunde zurückgelegt haben, eine Schnelligkeit, welche fast denen der besten Pferde gleichkommt. Es ist leicht einzusehen, daß die Bewegungen bei solcher Schnelligkeit in anderer Weise ausgeführt werden müssen, als bei den oben angeführten Normalverhältnissen; daß die Schwingung des Beines namentlich in gar keinen Betracht kommen kann und durch Muskelthätigkeit ersetzt werden muß, indem die zur Pendelschwingung erforderliche Zeit viel zu lange dauern würde.

Es würde zu weit führen, wollten wir die übrigen Bewegungen des Menschen eben so behandeln, wie das Gehen. Indem wir diese am Vollständigsten untersuchte combinirte Bewegung auswählten, wollten wir nur zeigen, in welcher Weise solche Combinationen geschehen, und wie der Wille noch einen bedeutenden Einfluß auf dieselben üben kann, indem er im Stande ist, jedes einzelne Moment derselben zu modificiren. Es giebt indessen gewisse Bewegungscombinationen, über welche wir nur

bis zu einem gewissen Grade Herr sind; dahin gehören unter andern die Athem- und Schluckbewegungen. Wir können länger oder kürzer, tiefer oder oberflächlicher athmen, den Athem anhalten oder beschleunigen, ganz nach unserem Belieben, so gut als wir gehen oder laufen, springen oder hüpfen können; allein es ist uns unmöglich, durchaus den Athem anzuhalten, alle Athembewegungen aufzuheben, und wenn es nur auf wenige Minuten wäre. Nach kurzem Anhalten des Athmens tritt Beängstigung, Herzklopfen, Zittern der Glieder ein, und wenn auch der Wille sich noch so sehr dagegen sträubte, er wird überwunden und ein Athemzug vollbracht, der wieder frisch die Respiration bethätigt. Eben so verhält es sich mit den Schluckbewegungen. Dieselben sind durchaus freiwillig; wir können schlucken, wenn wir wollen; wenn aber ein Bissen in die hinteren Theile des Rachens gelangt ist, so mag man sich anstellen wie man will, man muß unwillkürlich schlucken.

Die Emancipirung einzelner Bewegungen vom Willen bleibt indeß nicht bei der theilweisen Befreiung stehen, die wir an den eben angeführten Beispielen sahen, sondern sie geht noch weiter. Es giebt im Körper eine ganze Reihe von Bewegungen, die durchaus der Herrschaft unseres Willens entzogen sind. Die Bewegungen des Herzens, der Gedärme, der ausführenden Gänge der Drüsen gehören zu dieser Klasse der unwillkürlichen Bewegungen, welche auch meist durch eigenthümliche Muskelfasern bedingt werden. Das Herz besitzt noch Muskelfasern mit quergestreifter Scheidenhülle; der Darm hingegen, die Drüsengänge zeigen nur einfache Primitivfäden, welche nicht bündelweise in Scheiden eingehüllt sind und deshalb auch keine Querstreifen zeigen. Wir haben schon oben gesehen, daß diese Bewegung in Folge der eigenthümlichen Stellung des sympathischen Nervensystemes auch in ganz besonderen Beziehungen zu dem Centralnervensysteme und den peripherischen Ausstrahlungen desselben steht. In der regelmäßigen Fortsetzung der wurmförmigen Bewegungen von oben nach unten, der Zusammenziehungen des Herzens von den Vorhöfen nach den Kammern,

muß man ähnliche nothwendige Combinationen erkennen, wie diejenigen, welche wir so eben bei den willkürlichen Muskeln erwähnten.

Durch die tanzenden Tische und die Klopfgeister ist man in der neuesten Zeit auf eine Reihe von Erscheinungen aufmerksam geworden, die lediglich von der Thätigkeit des Muskelsystemes abhängen. Der Wille übt auf die Muskeln einen ähnlichen Einfluß, wie der galvanische Strom: er dient als Reiz, um eine Zuckung hervorzubringen. Eine jede stetige Bewegung, die wir auszuführen haben, ein jedes Verharren in irgend einer Muskelzusammenziehung beruht eigentlich nur auf einer Reihe kleinerer Zusammenziehungen, deren Spielraum die von uns selbst gesetzte Gränze nicht überschreitet. Die dauernde Contraktion eines Muskels oder einer Muskelgruppe läßt sich demnach mit dem Starrkrampfe vergleichen, der in Folge der Einwirkung einer elektrischen Rotationsmaschine oder eines Magnetelektromotors deshalb eintritt, weil die einzelnen elektrischen Schläge, die eine Zuckung veranlassen, zu schnell auf einander folgen, um eine zwischenliegende Erschlaffung zu gestatten. Die dauernde Zusammenziehung eines Muskels ist ebenfalls nur eine Summirung solcher in sehr geringer Zeit auf einander folgender Willensstöße, welche keine zwischenliegende Erschlaffung aufkommen läßt. Man kann sich hiervon auf das Deutlichste überzeugen, wenn man nur die Zusammenziehung so lange anhalten läßt, daß Ermüdung eintritt. Die Reizbarkeit der Muskeln, die Leitungsfähigkeit der Nerven, vielleicht auch die Empfänglichkeit derjenigen Hirnstelle, von welcher der Willensanstoß ausgeht, erschöpfen sich allmählich, und Statt des anhaltenden Starrkrampfes treten gewissermaßen Wechselkrämpfe ein. Die einzelnen Willensstöße werden langsamer, der Muskel antwortet langsamer darauf; dieselbe Bewegung, die früher stetig war, wird zitternd, unstet und zeigt deutlich ihre Zusammensetzung aus einzelnen Contraktionen. Bei noch stärkerer Ermüdung bedarf es einer Ueberwindung des Willens, um diese Wechselzu-

sammenziehungen zu heben. Die Willen erzeugende Hirnstelle kommt in einen Zustand krankhafter Ueberreizung.

Die Anwendung dieser unmerklichen, in geringen Zeitfolgen rasch sich folgender Bewegungen auf ein günstiges Kraftmoment, indem man die Contraktionen mehrerer Personen summirt, liegt bei unerfahreneren Tischdrehern der Erscheinung zu Grunde. Man muß hier mit ausgespreitzten Händen, in unbequemer Stellung so lange warten, bis die erste Periode der Ermüdung, die zeitlich wahrnehmbaren Muskelstöße eintreten. Das Schließen der Kette durch Berührung der Finger und die übrigen Vorsichtsmaßregeln dienen nur dazu, durch Häufung der Unbequemlichkeiten und durch Fesselung der Aufmerksamkeit diese Periode schneller herbeizuführen. Die Uebertragung dieser kleinen Kräfte auf den Tisch zur Erzeugung eines mechanischen Kraftmomentes ist jetzt zu genau nachgewiesen, als daß es in dieser Beziehung weiterer Ausführung bedürfte.

Hierzu kommt noch, und namentlich bei Erfahrenen und Geübten, ein zweites Moment: die unbewußte Herrschaft unseres Willens über unsere Bewegungen, der erste Grad einer Kette von Erscheinungen, die auf ihrem Endpunkte an dem Schlafwandeln ankommen. Jeder feste Willensvorsatz übt einen solchen Einfluß aus, daß er auch unbewußt die Bewegungen in gewisser Weise beherrscht. Je nervenschwacher, reizbarer die Personen sind, desto leichter tritt dieser unbewußte Willenseinfluß hervor, und ihm ist es zu verdanken, daß die Tische durch Klopfen Vorstellungen und Gedanken von Personen, welche betheiligt sind, in für Laien überraschender Weise kund geben. Darum ist es jetzt eine festgestellte Thatsache, daß die Tische nur in solchen Sprachen reden und Antwort geben, welche von den Anwesenden oder wenigstens Einem der Anwesenden verstanden werden; daß sie aber stumm bleiben oder nur sinnlose Buchstaben abklopfen, wenn sie in deutscher Gesellschaft russisch oder arabisch antworten sollen.

Dies die einfachen Gründe der Erscheinungen, auf welche gestützt unsägliche Narrheit aufs Neue den Weg durch die ganze

Welt gemacht und damit den Beweis geliefert hat, daß der Unverstand und die Unfähigkeit, Thatsachen als solche aufzufassen und ihrem Wesen nach zu untersuchen, noch immer bei dem Menschengeschlecht vorwiegen und den Hemmschuh der weiteren Entwickelung bilden. Auch bei dieser Gelegenheit hat man sich wieder überzeugen müssen, daß der Aberwitz desto weiter sich verbreitet und desto längere Geltung behält, je weiter er sich von jeder vernünftigen Grundlage entfernt, und daß der Grundsatz des heiligen Augustin »credo, quia absurdum« noch immer die unbewußte Richtschnur der auf verfehlter Grundlage Erzogenen bildet. Von den Betrügereien, die bei all diesen kleinen Familiencomödien mit unterlaufen, und die um desto sicherer geübt werden, je weniger erstaunte und betroffene Verwandte sich vor ihnen in Acht nehmen, will ich ganz schweigen. Meiner Erfahrung zufolge sind es junge, in der Geschlechtsentwickelung begriffene Mädchen, welche die ausgezeichnetsten »Media« für solche Farcen bilden. Man braucht aber nur einigermaßen in der Geschichte der medicinischen Täuschungen und auch in der gerichtlichen Medicin bewandert zu sein, um zu wissen, welch unerschöpflicher Schatz von Espièglerie auch in den unschuldigst erscheinenden Mädchen dieses Alters verschlossen ist.

Zum Schlusse dieses Briefes sei noch kurz einer eigenthümlichen Erscheinung erwähnt, deren Existenz eigentlich nur bekannt ist, ohne daß wir uns einen Begriff von ihrem Nutzen machen könnten. Ich meine die sogenannte Flimmer- oder Wimperbewegung. Die Schleimhaut der Nase, der Luftröhre, der innern weiblichen Geschlechtstheile ist beim Menschen von einer eigenthümlichen Lage einer Oberhaut überzogen, die aus kleinen Zellen besteht, deren jede mehrere unendlich kleine Wimperhaare trägt, welche in beständig schwingender Bewegung sind. Nur die Zerstörung der Zelle oder der Wimpern hemmt die Bewegung, jeder andere Einfluß ist unwirksam; sie hängen weder von dem Nervensysteme, noch von dem Kreislaufe ab; die Wimpern abgeschabter, isolirter Zellen flimmern so lange fort, bis die Zelle

sich zu zersetzen anfängt. In dem Thierreiche ist diese Erscheinung ungemein weit verbreitet, und man kann wohl sagen, daß um so mehr Oberflächen des Thieres flimmern, je tiefer das Thier selbst in der Reihe steht. Das Phänomen ist indeß nicht bloß auf das Thierreich beschränkt; die Samenkörner oder Sporen der meisten niederen Wasserpflanzen, der Algen und Tange besitzen ebenfalls einen Ueberzug von Flimmerhaaren, womit sie sich sehr behende im Wasser nach allen Richtungen hin bewegen, und zwar in einer Art bewegen, daß die Zweckmäßigkeit und man möchte fast sagen die Willkürlichkeit dieser Bewegungen kaum in Abrede zu stellen ist. Die willkürliche Bewegung mittelst eigener Bewegungsorgane war bisher das letzte Criterium für den Unterschied zwischen Thieren und Pflanzen in jenem Bereiche der niedersten Geschöpfe, wo die beiden sonst so verschiedenen Typen der organischen Wesen einander die Hand zu reichen scheinen; die Beobachtungen der letzten Zeit haben dieses früher so leicht erfaßliche Kennzeichen untauglich gemacht. Es ist wahrlich unmöglich, an den Bewegungen allein zu unterscheiden, ob man die Spore einer Alge oder ein grünes Infusionsthierchen vor sich habe; erst wenn man die Algenspore sich setzen und fadenartig verlängern sieht, erst dann erkennt man ihre pflanzliche Natur. Das Beispiel des größten Infusorienkenners unserer Zeit beweist, wie unmöglich die aus der Bewegung entnommene Unterscheidung ist. Sein Buch wimmelt von pflanzlichen Organismen, die als Thiere beschrieben sind.

Bei vielen niederen Thieren ist die Flimmerbewegung das einzige Bewegungsmittel; bei andern bewegt sie die Nahrungsmittel im Innern des Darmes, das Blut im Innern der Gefäße. Auch bei dem Menschen muß auf der Oberfläche der flimmernden Schleimhäute ein beständiger Strom Statt finden, da die Wimperhaare, welche sich auf einer Membran befinden, nach derselben Richtung hin schlagen. Man hat geglaubt, daß dieser Strom die Beförderung des Schleimes nach außen übernehmen könne,

daß er auf andern Häuten durch Beförderung von außen nach innen besondere Zwecke erfülle; allein es hat sich gezeigt, daß er meist in entgegengesetzter Richtung lief, als man voraussetzte. Bis jetzt kann man nicht einmal eine Vermuthung haben, weshalb die Natur einzelne Schleimhäute mit solcher Flimmerbewegung versehen habe und andere nicht; der Zweck derselben ist uns gänzlich unbekannt.

Siebzehnter Brief.

Die Stimme und Sprache.

Die Veredlung des Menschengeschlechtes, seine selbstständige Fortbildung ist einzig möglich gemacht worden durch die Fähigkeit, mittelst der Sprache die Gedanken mittheilen zu können, welche dadurch Gemeingut Aller werden müssen, während sie bei den Thieren größtentheils im Besitze des Individuums eingeprägt, mit der Vernichtung desselben untergehen und keinen weiteren Einfluß auf die Veredlung der Art ausüben. Ich will damit nicht behaupten, daß die Thiere nicht fähig seien, einander Mittheilungen zu machen, die mehr oder weniger beschränkt sind, je nach dem Gesichtskreise ihrer Ideen; ich glaube im Gegentheile, daß die Sprache der Thiere kein leeres Spiel der Phantasie ist, sondern daß eine solche existirt, die aber etwa eben so beschränkt ist, als die Sprache der Cretins, welche nur fähig sind, die gewöhnlichsten Thatsachen und Vorkommnisse einander durch gewisse artikulirte Töne mitzutheilen. Hund Scipio und Braganza sind Schöpfungen der Phantasie; wenn aber Jagdhunde mit einander jagen gehen, erst eine Zeitlang gesenkten Kopfes neben einander hertrotten, dann plötzlich sich trennen und nun der eine schnurstracks nach einem bekannten Wechsel läuft, während der andere im Walde sucht und den Hasen nach dem Orte hintreibt, wo sein Kamerad wartet — will man dann läugnen, daß Verabredung zwischen den Hunden Statt gefunden und beide überein

gekommen sind, der eine zu jagen und der andere an bestimmter Stelle zu warten?

Die Beobachtungen Huber's über die Ameisen namentlich haben nachgewiesen, daß diese intelligenten Thierchen eine Zeichensprache haben, die gewiß eben so ausgebildet und vollständig ist, als die Zeichensprache der Taubstummen. Die Töne, welche viele Thiere von sich geben, sind durchaus den verschiedenen Lebenszwecken angepaßt. Hier dienen sie als Warnung, dort als Lockung, so daß eine vollständige Reihe von Empfindungen und Seelenzuständen mitgetheilt werden kann. Wir verstehen meist diese Zeichen- und Tonsprache nur deshalb nicht, weil wir durch längeren Umgang und genauere Analyse der einzelnen Zeichen und ihrer Folgen uns nicht daran gewöhnt haben, ihre Bedeutung aufzufassen. Der Fremde, der in ein Taubstummeninstitut eintritt, ist ebenfalls unfähig, die Unterhaltung der Zöglinge zu begreifen, die dem Lehrer vollkommen geläufig ist. Faßt man die Entwickelung der Sprache und der entsprechenden Schriftzeichen, so wie sie uns historisch vorliegen, oder die Ausbildung bei dem Kinde von der Geburt an ihren verschiedenen Phasen nach zusammen, so unterliegt es keinem Zweifel, daß in der Thierwelt eine durchaus ähnliche Stufenfolge der Mittel zur Gedankenmittheilung existirt, die aber nur auf einem weit tieferen Punkte, auf demjenigen der Geberdensprache oder der einfachen Lautsprache stehen bleibt, in Uebereinstimmung mit den geringeren geistigen Fähigkeiten der Thiere. Die Sprache des Menschen ist deshalb eben so wenig ein absoluter, in dem Bau des Kehlkopfes bedingter Vorzug, als Malerei und Bildhauerkunst ein in der Ausbildung der Hand gegründeter Vorzug sind. Es giebt überhaupt keine einzige Funktion des menschlichen Körpers und somit auch keine einzige Eigenschaft des Geistes, die dem Menschen allein zukäme und die ihm absolut von allen anderen Geschöpfen unterscheiden könnte. Die Ueberlegenheit des Menschen beruht in der zweckmäßigen Vereinigung der Fähigkeiten und der weiteren Höherbildung der thierischen Grundlage.

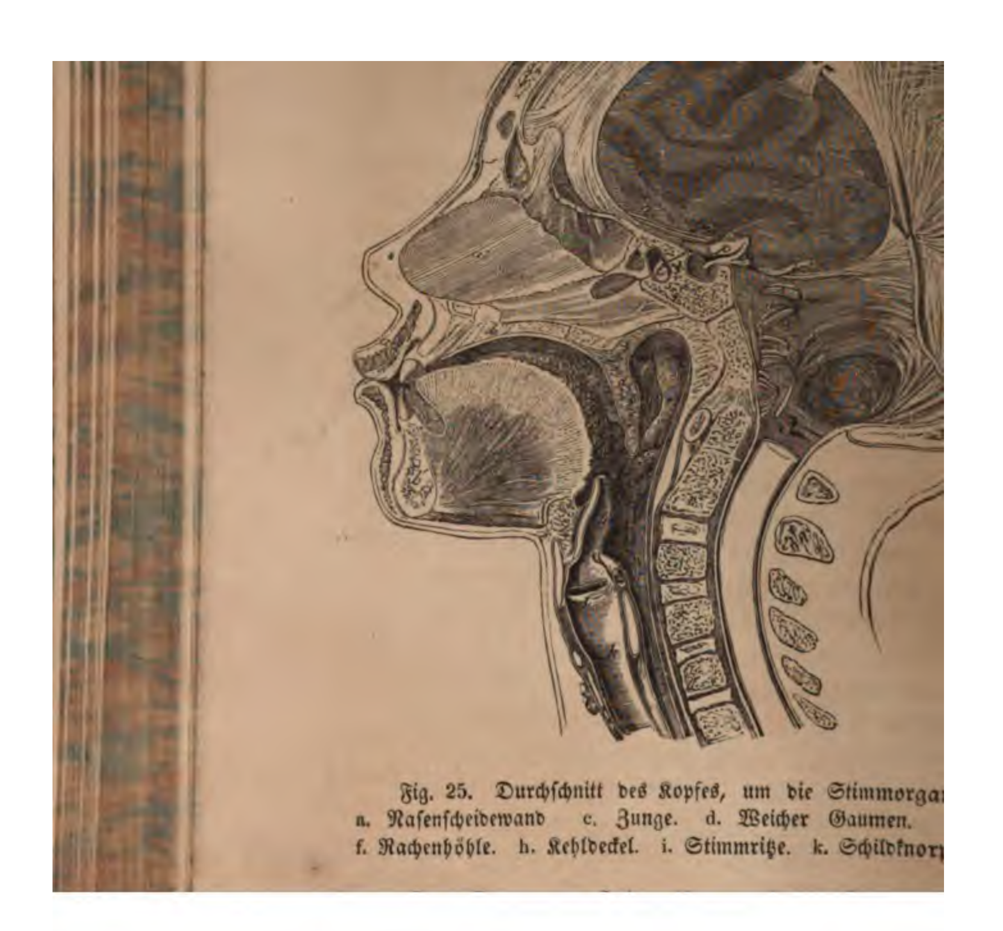


Fig. 25. Durchschnitt des Kopfes, um die Stimmorga
a. Nasenscheidewand c. Zunge. d. Weicher Gaumen.
f. Rachenhöhle. h. Kehldeckel. i. Stimmritze. k. Schildknor

in die Luftröhre gerathen und dort stecken geblieben sei. Der Kehlkopf bildet den oberen Theil der Luftröhre; durch eine Längsspalte, die sogenannte Stimmritze, öffnet er sich in dem hinteren Theile des Rachens an der Wurzel der Zunge in die Rachenhöhle. Blickt man bei geöffnetem Munde, während man die Zunge mittelst eines Löffelstiels tief niederdrückt, in den Spiegel, so erblickt man im Hintergrunde der Mundhöhle auf beiden Seiten zwei spitzbogenartig gewölbte häutige Vorsprünge, die Gaumenbogen, welche Coulissen gleich nach der Mitte hin vorgeschoben und wieder zurückgezogen werden können. Von dem Dache der Mundhöhle senkt sich ein häutiger Vorhang mit einer mittleren beweglichen, hakenartigen Verlängerung, das Gaumensegel mit dem Zäpfchen. Alle diese im Hintergrunde der Mundhöhle angebrachten Gebilde schließen dieselbe bei geschlossenem Munde meist förmlich nach hinten ab, und hinter ihnen findet sich eine geräumige Höhle, die Rachenhöhle, in welche die Luftröhre durch die Stimmritze des Kehlkopfes, der Schlund und die Nasenhöhle durch ihre hinteren Oeffnungen einmünden. In diesem Punkte kreuzen sich mithin die beiden Wege für die Luft einerseits und die Nahrungsmittel anderseits. Der normale Weg für die Ein- und Ausathmung geht durch die Nase, den Kehlkopf, die Luftröhre; der normale Weg für die Nahrungsmittel durch Mund, Schlundkopf und Schlund. Während demnach bei ruhigem Athmen der Luftzug durch die beweglichen Gaumengebilde von dem Nahrungswege abgeschnitten ist, findet sich über der Stimmritze ein klappenartiger Deckel, der Kehldeckel oder die Epiglottis, durch welche beim Hinabschlingen der Speisen die Stimmritze verdeckt und somit der Luftweg geschlossen werden kann, während die Speisen an seiner Oeffnung vorbei in den Schlund gleiten, welcher hinter der Luftröhre sich öffnet. Bei dem Bilden artikulirter Töne endlich stehen beide Wege in ihrem vorderen Theile offen, und die beweglichen Gaumentheile, die Zunge und der Mund, nehmen den lebhaftesten Antheil an der Bildung und Modificirung einzelner Töne und Buchstaben. Vor allen Dingen wird es nöthig

sein, die Bedingungen zu untersuchen, welche der Tonbildung
Grunde liegen, und dann erst nachzuforschen, inwiefern die g
bildeten Töne bei der Sprache benutzt werden.

Den Kehlkopf bildet das obere angeschwollene Mundst
der Luftröhre, die durch ihre elastischen Knorpelringe beständ
offen erhalten wird. Aus mehreren beweglichen Knorpeln z
sammengesetzt, welche durch vielfache Bänder zusammengehalte
durch Muskeln sowohl einzeln gegen einander, als auch in ihr
Gesammtheit bewegt werden können, bietet der Kehlkopf e
äußerst veränderliches bewegliches Organ dar, dessen physikalis
Verhältnisse nur äußerst schwer dem Versuche zugänglich ware
Erst der Scharfsinn und die Ausdauer neuerer Beobachter hab
über diese Schwierigkeiten triumphiren und uns ein, freilich au
jetzt noch unvollständiges Bild der an dem Kehlkopfe Statt finde
den Thätigkeiten aufstellen können.

Auf dem letzten Ringe der Luftröhre sitzt ein vollständig
fester Knorpelring, der *Ringknorpel*, der vorne nur schm
ist, hinten aber breit wird, so daß er etwa wie ein groß
Siegelring sich darstellt, bei welchem die breite Fläche des Siege
der Wirbelsäule und dem Schlunde zugekehrt ist, während d
schmale Handfläche nach außen schaut. Auf diesem Ringe ru
vorne ein großer, winkelförmiger Knorpel, aus zwei unrege
mäßig dreieckigen seitlichen Stücken bestehend. Dies ist d
Schildknorpel, und die vordere Kante, in welcher sich se
beiden flügelartigen Seitenhälften vereinigen, bildet jenen Vo
sprung am Halse der Männer. An der hinteren Seite dies
Flügel, zwischen ihnen und dem breiten Theile des Ringknorpel
finden sich zwei kleine, äußerst bewegliche Knorpel, die *Gie
kannenknorpel*, welche so auch oben den Kehlkopf zurunde
Ueber dem Schildknorpel endlich steht aufrecht der zungenart
gestaltete Kehldeckel, der nach hinten überklappen und die obe
Oeffnung des Kehlkopfes, die *Stimmritze*, schließen kann.

Die hauptsächlichsten Organe der Tonbildung sind zw
faserig elastische Bänder, welche von hinten nach vorn zwisch
den Gießkannenknorpeln einerseits und der inneren Wand d

Schildknorpels so ausgespannt sind, daß sie eine mittlere, mehr oder minder weite Spalte zwischen sich lassen. Diese elastischen Bänder sind die **Stimmbänder**, ohne deren Mitwirkung kein Ton entstehen kann. Betrachtet man den Kehlkopf von unten her, nachdem man ihn von der Luftröhre losgetrennt hat, so sieht man die Höhlung des Ringknorpels oben geschlossen durch den feinen Spalt der Stimmritze, welche zwischen den beiden Stimmbändern liegt; in ähnlicher Weise zeigt sich die Stimmritze von oben, sobald man den Kehldeckel zurückgebogen hat. Schneidet man bei einem lebenden Thiere ein Loch in die Luftröhre oder in den Ringknorpel unterhalb der Stimmbänder, so daß die ausgeathmete Luft nicht mehr durch die Stimmritze, sondern durch die künstliche Oeffnung entweicht, so ist jede Hervorbringung von Tönen unmöglich; — sobald man das Loch aber mit dem Finger schließt und so die Luft zwingt, von neuem die Stimmritze zu durchströmen, werden auch wieder Töne erzeugt. Versuche an Thieren, so wie Beobachtungen an Selbstmördern, deren Schnitt an dem Halse zu hoch angebracht war, führten ebenfalls zu dem Resultate, daß die Tonbildung nur durch die Stimmbänder geschehe. Man hat öfter solche Unglückliche behandelt, welche unmittelbar über dem Schildknorpel oder an dessen oberem Theile den Schnitt geführt und so den Kehldeckel oder gar die obere Hälfte des Schildknorpels abgetragen hatten, so daß die Stimmbänder frei gelegt waren. Tonbildung war dann nach wie vor möglich, und nur wenn die Stimmbänder selbst verletzt waren, zeigte sich vollkommene Stimmlosigkeit.

Aus diesen Thatsachen schon geht hervor, daß die Luftröhre mit dem Ringknorpel eine Röhre darstellt, deren oberes Ende durch eine Ritze gebildet wird, an welcher zwei elastische Bänder angebracht sind, die mehr oder weniger gespannt werden können und die beim Blasen durch die Röhre (Ausathmen) den Ton hervorbringen. Das stimmbildende Organ stellt demnach eine Zungenpfeife dar, in welcher die Töne durch Schwingungen häutiger elastischer Zungen hervorgebracht werden und deren Ansprachrohr die Luftröhre ist. Die über den schwingenden Zungen,

den Stimmbändern, gelegenen Theile, nämlich die weichen Theile des oberen Kehlkopfes, Kehldeckel, Rachen-, Mund- und Nasenhöhle, bilden ein mannichfach complicirtes Ansatzrohr oder Verlängerungsrohr, in welchem theils durch Resonanz der Ton verstärkt, theils eigenthümlich modificirt wird.

Die verschiedene Höhe und Tiefe der Töne, welche an dem Kehlkopfe hervorgebracht werden, hängt von verschiedenen Bedingungen ab. Eine der wesentlichsten ist die größere oder geringere Spannung der Stimmbänder und die dadurch bedingte Häufigkeit der Schwingungen, welche sie in einer bestimmten Zeit ausüben. Die Weite der Stimmritze hat auf die Höhe oder Tiefe der Töne keinen Einfluß; indeß ist es doch nothwendig, daß die Stimmritze eine feine linienförmige Spalte von höchstens einem Zehntel Zoll querem Durchmesser bilde. Ist die Stimmritze weiter, als eine Linie, so entsteht kein Ton mehr, sondern nur ein Röcheln und Rasseln; die Luft brodelt zwischen den Stimmbändern durch, ohne daß sie hinlänglich dieselben in Schwingung versetzen könnte, um einen wahren Ton zu erzeugen.

So wie aber der Ton einer schwingenden Saite dadurch erhöht werden kann, daß man ihre Länge verkürzt, so ist dies auch mit den Stimmbändern der Fall. Je kürzer diese schon von Natur sind, oder je mehr sie am lebenden Kehlkopfe verkürzt werden, desto mehr erhöht sich der Ton. Auf diesem Grunde schon beruht der Unterschied zwischen den Tönen der männlichen Kehlköpfe einerseits und denjenigen der Frauen und Kinder andererseits. Die mittlere Länge der Stimmbänder des Mannes beträgt in der Ruhe 18¼ Millimeter, in der größten Spannung 23⅙ Millimeter; beim Weibe zeigen die Stimmbänder in der Ruhe eine mittlere Länge von 12⅔ Millimeter, in der größten Spannung 15⅔ Millimeter. Bei einem Knaben von 14 Jahren verhielten sich beide Maße in folgender Art: Länge in der Ruhe 10½ Millimeter, bei der größten Spannung 14½ Millimeter. Zu dem Unterschiede zwischen den verschiedenen Geschlechtern und dem Kindesalter trägt dann noch die verschiedene Geräumigkeit des Kehlkopfes, die Festigkeit seiner Wände,

die Starrheit seiner Bänder bei. Der Kehlkopf des Mannes ist weit größer, der Winkel, unter welchem die beiden Flügel des Schildknorpels in der Mittelkante zusammenstoßen, stärker, die Knorpel dicker und fester, die Bänder starrer. Daher dann auch die größere Unbeholfenheit in der schnellen Hervorbringung der Töne bei dem männlichen Geschlechte, der tiefere Klang, die eigenthümliche Farbe der hervorgebrachten Töne. Besonders die Starrheit der Bänder, Knorpeln und Muskeln scheint hier einen wesentlichen Einfluß zu üben, da die Singfertigkeit in geradem Verhältnisse mit der Stimmhöhe steht, vorausgesetzt, daß Uebung und Schule sonst gleich seien. Der Bassist bedarf im Durchschnitt mehr Zeit zur Hervorbringung einer Roulade, einer Tonfolge, als der Tenorist, und die Weiber sind in diesem Verhältnisse weit mehr bevorzugt, als die Männer. Die Musiker haben dies weit eher gewußt, als die Physiologen; die Baßstimmen bewegen sich meist in vollen Noten, während die Tenore Achtel anschlagen und die Soprane Zweiunddreißigstel trillern; und wenn zuweilen in komischen Opern scheinbare Ausnahmen vorkommen und zänkische Alte in raschen Noten sich vernehmen lassen, so bleibt die Stimme meist auf demselben Tone liegen und nur die Aussprache zerstückelt den langen Ton in viele einzelne.

Die elastischen Bänder, zu welchen eben die Stimmbänder gehören, haben indeß vor den Saiten, mit welchen sie öfter verglichen wurden, noch ein Verhältniß voraus, wodurch der Ton, welchen sie geben, erhöht oder erniedrigt werden kann. Bei sonst gleicher Spannung, die indeß nicht zu stark sein darf, kann eine elastische Zunge zwei sehr verschiedene Töne geben, je nachdem sie in ihrer ganzen Breite oder nur an ihrem Rande schwingt; in dem letzteren Falle ist der Ton weit höher, heller als in dem ersteren Falle. Bei dem menschlichen Stimmorgane ist diese Eigenthümlichkeit der elastischen Bänder in Anwendung gezogen und dadurch der Unterschied der Brusttöne und der Falsettöne bedingt. Beim Hervorbringen des Brusttones schwingen die Stimmbänder in ihrer ganzen Breite und Länge in wellen-

förmigen Biegungen; bei dem Falsettone schwingt nur ihr innerster Rand, ebenfalls in seiner ganzen Länge. Je stärker das Stimmband gespannt ist, desto schwieriger ist es in seiner ganzen Breite zum Schwingen zu bringen; mit zunehmender Spannung wird der schwingungsfähige Rand stets schmäler und schmäler, der Ton stets höher und höher. Wir können daher die oberen Töne unserer Stimme nur mit dem Falsetregister, d. h. mit randlich schwingendem Stimmbande geben, während wir in den Mitteltönen einen gewissen Umfang von Tönen besitzen, welche wir, je nach unserer Absicht oder Bequemlichkeit, entweder als Brustton oder als Falsetton ansprechen können. Singen wir die Tonleiter unserer Stimme von ihren tiefsten Tönen an, wo die Stimmbänder in ihrer ganzen Breite schwingen, so geben wir die höheren Töne weit leichter mit der Bruststimme, indem wir eben die Spannung nur nach und nach verstärken, das Stimmband aber bis zur letzten Gränze in seiner ganzen Breite schwingen lassen, um es dann in eine andere Stellung zu bringen, wo nur der Rand schwingt; fangen wir im Gegentheile die Tonleiter von oben an, mit nur randlich schwingenden Stimmbändern, so sprechen wir gewisse Töne im Falsettone an, welche wir von unten auf im Brusttone nahmen. Der Unterschied des Jodelns von dem gewöhnlichen Singen beruht wesentlich auf dem schnellen Wechsel zwischen Brustregister und Falsetregister; der Jodeler giebt die meisten Mitteltöne, welche ein anderer Sänger mit dem Brusttone singt, mit dem Falsetregister an, und bei dem schärferen Klange der Falsettöne erscheinen dieselben im Gegensatze zu den volleren Brusttönen weit höher und der Abstich bedeutender. Vielen Sängern ist es unmöglich, zu jodeln, weil ihnen der schnelle Absprung von Brustregister auf Falsetregister und umgekehrt nicht möglich ist, und die meisten Sänger wissen sehr gut, in welcher Tonfolge ihnen ein hoher Ton gegeben werden muß, damit sie ihn voll und tönend ansprechen können.

Eine letzte Möglichkeit der Erhöhung des Tones, welchen eine schwingende Zunge giebt, liegt in der Stärke des Windes, womit dieselbe angeblasen wird. Bei gleicher Spannung kann

dadurch an den menschlichen Stimmbändern der Ton im Umfange einer Quinte erhöht werden. Man sieht leicht ein, daß diese Wirkung des Windes lediglich auf der durch ihn bedingten Spannung der Stimmbänder beruht. Je stärker die ausgeathmete Luft gegen dieselben bläst, desto mehr werden die Stimmbänder hervorgetrieben und bei sonst gleicher Stellung der spannenden Knorpel wie ein Segel stärker angeschwellt und so ihr Ton erhöht. Es zeigt aber dies Verhältniß, daß das An- und Abschwellen der Töne beim Singen nicht so einfach ist, als manche Singlehrer sich vorstellen, sondern daß es eines wirklichen Studiums und vieler Uebung bedarf, bis der Sänger denselben musikalischen Ton bei Veränderung seiner Stärke genau inne hält. Je mehr er den Ton verstärkt durch heftigeres Ausathmen, desto mehr muß er die Stimmbänder abspannen, um die durch Verstärkung des Windes bewirkte Erhöhung zu compensiren. Nicht Jedem aber ist es gegeben, diese beiden Kräfte stets in vollkommenem Gleichgewichte zu halten, und sobald dies Gleichgewicht gestört ist, so detonirt die Stimme beim Schwellen des Tones.

Durch verschiedene Spannung der Stimmbänder läßt sich allein schon ein Wechsel von Tönen im Umfange von etwa 2 Octaven bei gewöhnlichen Kehlköpfen hervorbringen. Der gewöhnliche Umfang einer Stimme beträgt 2, höchstens 2½ Octaven von Tönen, welche rein und musikalisch angegeben werden können; die meisten Menschen besitzen noch einige Töne darunter oder darüber, welche entweder schreiend oder zu dumpf sind, als daß sie beim Gesange benutzt werden können. Ausgezeichnete Sänger und Sängerinnen erreichen einen weit bedeutenderen Umfang — daß es Jemand bis zu 4 Octaven gebracht habe, ist nicht bekannt.

Wenn wir aus den Versuchen an todten Kehlköpfen bis jetzt mit ziemlicher Genauigkeit die Bedingungen der Tonbildung ermitteln konnten, so fehlen uns dagegen noch alle näheren Angaben über das Verhalten der höheren Theile des Stimmapparates, zum Gesange namentlich. Daß dieselben den größten Ein-

fluß auf die Tonfarbe, den Klang, die Völle und Rundung des Tones haben müssen, kann nicht in Abrede gestellt werden; wir wissen aber nicht, welchen Beitrag der Kehldeckel, die Geräumigkeit der Rachenhöhle, der Nasenröhre, der Mundhöhle, die Bildung der Zunge, des Gaumens und der Lippen auf alle die Nebenverhältnisse haben, welche dem Gesange erst seine wahre Vollendung verleihen.

Die Sprache besteht in der Benutzung der verschiedenen Theile, welche mit den Luftwegen in Verbindung stehen, zu Geräuschen oder Klängen, die von der Stellung dieser Theile und dem durchstreichenden Luftstrome abhängen. Die Hervorbringung der Sprachtöne an sich ist durchaus unabhängig von dem Kehlkopfe und der Stimmritze. Man kann bekanntlich vollkommen deutlich und vernehmlich sprechen, ohne daß ein musikalischer Ton dabei hervorgebracht wird. Einem Taubstummen gegenüber ist es vollkommen gleichgültig, ob man laut und vernehmlich spricht, oder ob man nur flüstert, indem man die Sprachwerkzeuge in bestimmte Stellungen bringt. Wenn demnach selbst neuere Forscher aus der Anatomie des Kehlkopfes und der Anwesenheit einiger Muskelchen mehr an dem Kehlkopfe einer Affenart dieser letzteren eine materielle höhere Bildung der Sprachwerkzeuge vindicirten, so zeigt dies nur, daß diese Herren über Sprachbildung selbst noch nicht einmal nachgedacht hatten. Bei den Consonanten betheiligt sich der Kehlkopf und die Stimmritze niemals; bei den Vokalen treten diese Theile nur dann in Mitwirkung, wenn laut gesprochen wird; allein auch dann bringen sie nur den musikalischen Ton hervor, der erst durch die verschiedenen Modifikationen des Mundnasenrohres artikulirt und in einen Vokal umgewandelt wird. Die Stimmritze allein kann nie einen Vokal hervorbringen, ihre Schwingungen erzeugen nur den musikalischen Ton; wäre dies nicht der Fall, so könnte man nicht jeden Vokal in jedem beliebigen Tone singen. Man wählt freilich bei Singübungen meist das a; allein dies nur aus dem einfachen Grunde, weil das a eben eine bedeutende Oeffnung des Mundes und der Zahnreihen verlangt und des-

halb den Ton in seiner größten ursprünglichen Reinheit läßt, während alle andern Vokale mehr oder minder eine Verkleinerung der Mundspalte, des Mundraumes oder der Gaumenhöhle verlangen, und dadurch den Ton mehr oder minder verhüllen und unklar machen. Nationen, welche das reine a in ihrer Sprache nicht besitzen, weil sie zu faul sind, den Mund gehörig zu öffnen, wie z. B. die Engländer, besitzen deshalb auch stets einen gequetschten unangenehmen Gesang, dessen sie nur durch größte Anstrengung sich entledigen können.

Es würde zu weit führen, hier nachweisen zu wollen, in welcher Weise die verschiedenen Theile der Sprachwerkzeuge arbeiten, um die einzelnen Buchstaben, seien es nun Vokale oder Consonanten, hervorzubringen. Der einzige Unterschied zwischen diesen beiden Reihen von Buchstaben besteht darin, daß bei den ersteren die Stimmritze wirklich einen musikalischen Ton hervorbringt, bei den letzteren aber nicht, und die Tonbildung, wenn eine solche vorhanden, in den vorderen Theilen der Sprachwerkzeuge geschieht. Meist indeß können die Consonanten nur als bestimmte Geräusche, bald durch diese, bald durch jene Organe hervorgebracht, aufgefaßt werden, und die Sprachen der civilisirten Völker besitzen nur solche Consonanten, welche Geräusche bilden. Bei geringeren Graden der Kultur werden indeß auch Schnalz- und Knalllaute mit den Lippen und der Zunge hervorgebracht, denen man den Charakter des Tones nicht versagen kann, und man braucht wahrlich nicht zu den Hottentoten zu gehen, um solche Töne anwenden zu hören. Die Appenzeller Bauern schnalzen sehr oft mit der Zunge, statt Ja zu sagen, und ich kann versichern, daß ein solcher Schnalz nicht minder kräftig klingt, als ein guter Peitschenknall.

Mit Ausnahme des h, welches nur ein plötzliches rascheres Hervorstoßen der Luftströmung bezeichnet, zeigen alle Consonanten die Uebereinstimmung, daß bei unveränderter Stellung des Zungenbeines zum Kehlkopfe der Luftweg von der Stimmritze bis zur Mundöffnung irgendwo verengert wird, so daß die vorbeiströmende Luft ein Geräusch bildet. Nach dem Orte der Ver-

engerung kann man so die Consonanten in drei Gruppen theilen: in der ersten, p, b, f, w, m umfassend, sind es entweder die beiden Lippen, oder eine Lippe mit einer Zahnreihe, welche einen mehr oder minder vollständigen Verschluß herstellt. Bei der Gruppe d, t, s, l und n wird der mehr oder minder vollständige Verschluß von dem vorderen Zungenende hervorgebracht, das sich an die Zähne oder den vorderen harten Gaumen anlegt. Bei g, k, ch, j und dem Nasen-n, sowie bei dem Gutturalen r wird der Verschluß an dem hinteren Theil der Zunge, zwischen diesem und den weichen Theilen des hinteren Gaumens hergestellt.

Der gegenseitige Umsatz der verschiedenen Vokale und Consonanten, der Uebergang der einen in die andern hat zu einer ganzen Wissenschaft, der vergleichenden Sprachwissenschaft, geführt, auf deren weiser Benutzung gar viele unserer Kenntnisse über die Ausbreitung der verschiedenen Stämme und Arten des Menschengeschlechts auf der Erde beruhen. Ich sage, bei weiser Benutzung; denn wenn man, auf die zufällige Aehnlichkeit einiger Laute gestützt, die Neger aus einem gemeinschaftlichen Stamme mit uns Kaukasiern ableiten will; so stellen sich solche Bemühungen ganz in dieselbe Reihe mit denjenigen der Naturphilosophen, welche den Menschen aus dem Infusorium construirten. Man kann auch Aehnlichkeiten finden zwischen einem Kameel und einem Berge, und bei einiger Gewandtheit das Wort Verstand von dem griechischen Nus ableiten. Die Sprache ist das unmittelbare Erzeugniß des schöpferischen Geistes eines Volkes; sie steht im engsten Zusammenhange mit der Art und Weise seines Denkens, und wie der Einzelne, je nach der Eigenthümlichkeit seiner ganzen Individualität, sich in dieser oder jener Art auszudrücken pflegt, je nachdem seine Geistesbildung eine bestimmte Richtung hat; so drückt sich auch der Charakter und die Fortbildung eines Volkes wesentlich in den eigenthümlichen Zügen und dem Fortschritte seiner Sprache aus. Diejenigen Völker aber sind unabweislich zur Sterilität verdammt, bei denen eine fremde Sprache sich auf eine verschiedene Nationalität gepfropft hat, bei welchen Charak-

ter und Bildung in wesentlichem Widerspruche mit ihrer Sprache stehen. Erst wenn der Widerspruch sich in einem Mischmasche gelöst hat, erst dann kann wieder eine eigenthümliche Richtung entstehen. Wir sehen dies deutlich in unserem Europa, wo politische Verhältnisse Manches anders geordnet haben, als es sein sollte. Die Engländer haben sich aus dem Chaos ihrer Sprachmischung zu einem eigenthümlichen Idiome erhoben, dessen Kürze und einförmige langweilige Modulation ihrem Charakter entspricht, in welchem sie mithin productionsfähig sind; im Elsasse hingegen, wo französisch und deutsch noch im Kampfe liegen, und das eine von oben, das andere vom Kerne des Volkes aus genährt wird, kann nichts Rechtes aufkommen, weil ein Element das andere erstickt. Solche Verhältnisse hallen lange nach; — das Waadtland spricht französisch, bildet sich französisch, will französisch sein; aber trotz dem empfindet es deutsch, hat deutsche Art zu schließen und zu denken und wird deshalb ewig steril bleiben, weil eben die Sprache dem geistigen Bedürfnisse nicht entspricht. Wie unsinnig deshalb eine Universalsprache ist, muß dem Befangensten einleuchten. Sie würde dem Bedürfnisse Niemandes entsprechen und bald wieder so gemodelt werden, wie der große indo-germanische Sprachstamm seine Dialekte modelte: zu unabhängigen Sprachen, in deren Keimen nur der gemeinschaftliche Ursprung ersichtlich ist.





